





Les différentes visions des arômes alimentaires

Mars 2002

PROJET DESS QUALIMAPA – Promotion 2001 - 2002

Hakima BENNAR	Lionel DELBASSE	Cécile LESECQ
Jihane BENSAID	Magali FOURNIER	Paul VADOOREN
Carole CARNOY	Laura GUYER	Willy WERQUIN

Responsable de formation : Monsieur Jean-Claude Liquet
Responsable de projet : Monsieur Bernard Weynans

SOMMAIRE

Remerciements

INTRODUCTION 1

PREAMBULE 3

PARTIE I : LES CONSOMMATEURS 5

I. Le Goût 5
1. Les préférences de goût : héritage et apprentissage 5
2. Le goût évolue avec l'âge 6
3. Plus de goût que la langue n'en connaît 7
4. Tendances actuelles : une affaire de goût… 8
a. Retour au naturel 8
b. Attrait pour les notes gourmandes 10
c. Vers les notes exotiques et ethniques 11
II. Les Consommateurs et les arômes alimentaires 12
1. Une alimentation paradoxale 12
2. Le succès des eaux aromatisées 13
a. Le marché des eaux embouteillées 13
b. Les attentes des consommateurs 15
c. Quelques difficultés rencontrées par les fabricants 16
3. Conclusion 17
III. Etude de la vision des consommateurs français vis à vis des arômes 17
1. Analyse univariée 18
a. Analyse de la moyenne et de l'écart-type 18
b. Tri à plat 19
2. Analyse bivariée : étude des corrélations 20
3. Analyse factorielle 22
4. Conclusion 23

PARTIE II : LES UTILSATEURS 25

I. Domaines d'application des arômes 25
II. Rôles et besoins des arômes 26
1. Objectifs 26
2. Fragilité des arômes 27
III. Contraintes d'utilisation 28
1. Le procédé industriel 28
2. Le produit alimentaire 29
3. Le stockage 30
a. Emballage 30

b. Conditions de stockage 31
4. Le mode de consommation 31
5. Coût et stratégie 32
IV. Contraintes législatives 32
1. Les organismes 32
2. Les fiches techniques 34
3. Etiquetage des arômes 34
a. Pour la vente aux industriels 34
b. Pour la vente au consommateur final 35
4. Objectifs de la législation 35
V. Incorporation d'arômes 36
1. Aromatisants disponibles 36
a. Présentation générale 36
b. Arômes encapsulés 37
2. Le dosage 37

PARTIE III : LES PRODUCTEURS 39
I. Techniques d'extraction d'arômes 39
1. Distillation à la vapeur d'eau 39
2. Extraction par adsorption sur support 41
3. Extraction par solvants 42
a. Extraction liquide-liquide 42
b. Extraction *in situ* : système biphasique 42
4. Extraction par fluides supercritiques 44
a. Définition 44
b. Propriétés des fluides supercritiques 44
c. Extraction par CO_2 supercritique 44
5. Extraction par procédés membranaires 47
a. Extraction par filtration 47
b. Pervaporation 47
c. Perstraction 48
d. Extraction liquide-liquide couplée à une membrane 48
6. Extraction par micro-ondes 48
a. VMHD 49
b. ESAM 50
7. Procédé « flash détente » 51
II. Arômes et biotechnologies 51
1. Fermentation et bioconversion 52
2. Problèmes rencontrés et solutions proposées 54
3. Principaux métabolismes liés à la production d'arômes 55
a. Métabolismes lipidiques 55
b. Métabolisme des acides aminés 56
c. Biosynthèse des terpènes 57
d. Réactions enzymatiques directes 57
e. Réactions enzymatiques indirectes 58
f. Synthèse de quelques composants hétérocycliques 58

III. Formulation 59
1. Les différentes possibilités de la formulation 59
a. Innovation 59
b. Contretype 59
c. Modification 60
d. Adaptation 60
2. Les étapes de la formulation 60
a. Point de départ 60
b. Ingrédients 61
c. Règles à suivre 61
d. Mode opératoire 62
e. Evaluation 63
f. Application 63
g. Calcul du prix de revient 64
IV. Transports et emballage 64
1. Les contenants 64
2. Les emballages fonctionnels 64
a. Les formes classiques 65
b. Les formes encapsulées 65

PARTIE IV : VEILLE 68
I. Le synthétiseur d'arômes virtuels 68
1. Principes et avantages 68
2. Fonctionnement 69
3. Application 69
II. Le nez électronique 70
1. Principes 70
2. Fonctionnement 72
3. Application 75
III. La langue électronique 77
1. Principes 77
2. Fonctionnement 78
3. Application 78
IV. Stratégie et groupes leaders 79
1. Le marché des arômes 79
2. Quelques stratégies 81
a. Miser sur les produits 81
b. Jouer sur le marketing 82

CONCLUSION 84

BIBLIOGRAPHIE *85*

ANNEXES

REMERCIEMENTS

Pour leur contribution au bon déroulement de ce projet nous tenons à expliquer nos plus vifs remerciements :

- Monsieur Jean-Claude Liquet, responsable du DESS QUALIMAPA et consultant marketing, pour ses précieux conseils et son aide en analyse de données

- Monsieur Bernard Weynans, pour sa disponibilité et son approche gestion de projet

- Monsieur Stéphane Bouquelet, pour avoir mis à notre disposition de nombreuses sources d'information

- Monsieur Mihai Calciu, pour son aide à la mise en ligne du questionnaire consommateur

- Les entreprises, les chambres de commerce et les syndicats pour nous avoir consacré un peu de leur temps

-

INTRODUCTION

Les aliments sont composés d'un grand nombre de molécules volatiles et odorantes. Ces composés sont perceptibles par olfaction directe, ce qui donne l'odeur, et par olfaction rétronasale, ce qui caractérise l'arôme. Le terme flaveur regroupe l'ensemble de ces deux perceptions.

Les arômes alimentaires sont des mélanges complexes qui contiennent un grand nombre de substances aromatisantes. La grande majorité des arômes consommés par l'homme est présente naturellement dans les aliments ou se forme au cours de la préparation des aliments en vue de leur consommation. Un arôme alimentaire, tel qu'il est fourni par l'industrie des arômes aux industries alimentaires, est une préparation concentrée composée de substances aromatisantes naturelles, identiques au naturel ou artificielles, qui peuvent contenir des adjuvants ou additifs aux arômes, nécessaires pour la production, le stockage ou l'utilisation des arômes.

Lors de notre recherche de partenariat pour nos sous-projets, nous nous sommes penchés sur les problématiques actuelles liées aux arômes. Ainsi, nous avons constaté que selon les acteurs de cette filière, les attentes n'étaient pas les mêmes. De plus, la consommation des produits alimentaires ne correspond plus uniquement à un besoin physiologique, mais aussi à une satisfaction définie par la loi des « 4 S » :

- Santé : le produit doit répondre à des exigences nutritionnelles. Il doit être équilibré en glucides, lipides et protides, et apporter suffisamment de vitamines, d'oligo-éléments et de fibres
- Sécurité : le produit doit être sain et ne présenter aucun risque de toxicité
- Service : le produit doit être pratique d'usage dans son mode de présentation et dans son utilisation
- Satisfaction : le consommateur doit prendre plaisir à le manger

Dans le but de fournir à chaque acteur de cette filière une vision globale de l'arôme, nous avons choisi de traiter ce sujet de manière longitudinale en tentant de répondre à la problématique suivante : Quelles sont les différentes visions des arômes au sein de la filière ?

Ainsi, dans une première partie nous nous placerons en tant que consommateurs. Dans un premier temps, nous expliquerons les origines du goût, sa perception, et présenterons les tendances actuelles en matière de goût. Puis, dans une seconde étape, grâce à une étude marketing, nous tenterons de connaître le point de vue de ces consommateurs (ce qu'est un arôme pour eux et ce qu'ils en pensent).

Dans une seconde partie, nous évaluerons le point de vue des utilisateurs d'arômes en présentant, tout d'abord, qui sont ces utilisateurs, puis les intérêts dont ils bénéficient et les contraintes techniques et législatives qu'ils rencontrent lors de l'emploi des arômes.

La troisième partie nous placera en tant que créateurs et formulateurs d'arômes. Nous exposerons, tout d'abord, les techniques d'extraction et les biotechnologies existantes, puis la formulation à proprement parler et les étapes de cette formulation. Ceci dans le but de connaître toutes les possibilités s'offrant à ces créateurs d'arômes alimentaires, en terme de matières premières, de méthodes et de conditionnements.

Enfin, dans une dernière partie nous exposerons les nouvelles tendances et technologies qui se développent, ainsi que quelques exemples de stratégies mises en œuvre par ces sociétés.

Cette étude rentre dans le cadre des projets du DESS QUALIMAPA. Notre travail s'est organisé autour d'un groupe de neuf personnes, dont un chef de projet et un responsable de communication. Autour de ce projet, nous avons articulé deux sous projets :

- Etude sur le renouvellement des arômes pour deux produits de la gamme confiserie en partenariat avec la société CHOCMOD.
- Etude marketing et organoleptique sur l'élaboration d'une sauce tex-mex en partenariat avec la société BENEDICTA.

PREAMBULE

Un arôme est un produit ou une substance employé :

- dans ou sur des produits alimentaires
- pour leur donner une odeur et / ou un goût

Sauf :

- les aliments consommables en l'état (ie jus de fruits)
- les substances donnant seulement une saveur (ie sel, sucre, glutamate)

Il existe 6 catégories d'arômes

- Source naturelle :
    - *Préparation aromatisante*

  Mélange obtenu par procédé physique (extraction) ou biotechnologique, à partir de matières premières agricoles éventuellement préparées pour la consommation .

  Ex : extrait pur de vanille, eau de fleur d'oranger

    - *Substances aromatisantes naturelles*

  Corps pur obtenu par isolement chimique à partir des préparations aromatisantes (ou de sources d'arômes)

  Ex : vanilline, maltol

- Origine de synthèse
    - *Substances aromatisantes identiques – nature*

  Ex : vanilline, maltol

    - *Substances aromatisantes artificielles*

  Ex : éthylvanilline, éthylmaltol

- Issu d'un procédé
    - *Arômes de transformation*

Chauffage : maximum 15 minutes à maximum 180°C

Ingrédients dont un contient des composés aminés et dont un est un sucre réducteur

Notes viande rôtie, poulet, cuisiné, caramel, chocolat, biscuité

- *Arômes de fumée*

Extrait de fumée obtenue par procédé traditionnel de fumaison

PARTIE I : LES CONSOMMATEURS

I. LE GOÛT

Chacun d'entre nous a son propre registre d'aliments préférés, qu'il prend plaisir à manger. Pour certains, ce peut être la douceur d'un chocolat ; pour d'autres, la saveur unique d'un fromage fort ou encore le caractère épicé d'une sauce accompagnant les pâtes. Nos préférences pour certains aliments plutôt que d'autres résultent d'une interaction complexe entre plusieurs facteurs incluant des données génétiques, les pratiques culturelles, l'âge, les expériences alimentaires précoces, l'agrément manifesté par l'entourage à l'essai d'un nouvel aliment (Rozin et Vollmecke, 1986) et les réactions physiologiques suscitées par une nourriture.

1. Les préférences de goût : héritage et apprentissage

Dans un premier temps, la transmission des goûts peut s'opérer d'une génération à la suivante. Deux possibilités se présentent alors : la première est la transmission par voie génétique de certaines prédispositions ou compétences et la deuxième passe par la culture. La principale des prédispositions d'origine génétique est constituée par des "biais" innés qui s'exercent en faveur ou à l'encontre de certaines saveurs. L'existence d'un goût inné pour la saveur sucrée est désormais bien établie expérimentalement chez l'homme. Dans la plupart des cultures, on observe une attirance pour le doux. Cette attirance peut s'expliquer en termes d'évolution par le fait que dans la nature la plupart des substances amères sont fréquemment toxiques (Desor et al., 1975). Parmi les autres saveurs, il semble que, à forte concentration, l'acide soit fréquemment rejeté ainsi que le piquant (qui n'est d'ailleurs pas à proprement parlé une saveur).

Mais, ces "universaux" sont loin d'être totalement universels : on trouve de nombreuses populations qui apprécient vivement le piquant ou l'amer (par exemple, respectivement dans le piment et le café), ayant en fait appris à "surmonter" et renverser les prédispositions biologiques. Les goûts ou aversions innés peuvent être modelés, modulés ou même inversés par l'influence sociale et l'immersion dans une culture donnée. Par exemple, le piment rouge, qui provoque une sensation douloureuse due à la présence de capsaïcine, constitue dans certaines cultures un élément de cuisine indispensable. On est ici en présence d'une situation dans laquelle un phénomène biologique est inversé par la culture. Utilisant une approche très différente, Teerling et al. (1994) ont aussi pu déterminer la culture alimentaire à laquelle des adultes de 19 nationalités ont été exposés au cours des cinq premières années de leur vie. Une proportion significative de ces sujets (35%) fut correctement assignée à leur contexte culinaire infantile à partir des réponses combinées de préférence, d'aversion, ou de neutralité vis-à-vis d'une série de huit bonbons aux flaveurs alimentaires représentatives du "principe aromatique" (Rozin et Rozin, 1981) de différentes cuisines régionales (par exemple, le wintergreen, fortement apprécié en Amérique du Nord, est déprécié ou neutre partout ailleurs ; ou encore, la flaveur du fromage bleu, aversive en Asie du Sud-Est et Afrique du Sud, est appréciée ailleurs ; les autres flaveurs comportent cannelle, gingembre, réglisse, épicé/piquant, spéculoos, sucré/acide). Par ailleurs, à l'intérieur de chaque culture, il existe de considérables différences d'appréciation entre les individus.

2. Le goût évolue avec l'âge

Les papilles gustatives apparaissent chez le fœtus entre la septième et la huitième semaine et sont fonctionnelles dès le troisième trimestre de la grossesse. Une variété de goûts et de saveurs est transmise au fœtus par le liquide amniotique et il semblerait que les nouveau-nés reconnaissent les goûts originels à des degrés variés. Très tôt, les bébés nourris au sein sont exposés à un large éventail de saveurs, car le lait maternel véhicule la saveur des aliments et des épices ingérés par la mère (Marlier et Schaal, 1997). D'autre part, une étude rétrospective par questionnaire indique que les aversions alimentaires

acquises dans l'enfance peuvent persister cinquante ans plus tard (Garb et Stunkard, 1974). Comment ces expériences et d'autres formes d'apprentissage précoce du goût affectent ultérieurement nos préférences alimentaires? Cette problématique fait l'objet de recherches continues.

Vers la soixantaine, même les personnes en bonne santé commencent à éprouver un léger déclin de leurs perceptions gustatives associé à une forte baisse de l'odorat. Fréquemment, cet amoindrissement des sensations olfacto-gustatives entraîne une perte d'appétit chez la personne âgée, laquelle est alors exposée à des risques de malnutrition, à un amaigrissement et à une prédisposition accrue aux maladies. Renforcer les saveurs et fournir à ces personnes des textures alimentaires agréables peut les aider à retrouver l'appétit, à améliorer leur état nutritionnel et leurs défenses immunitaires. Les arômes, les jus de fruits, les épices et les herbes sont autant de manières de rehausser la saveur des aliments.

3. Plus de goût que la langue n'en connaît

Une chose est certaine : dans la détermination de nos choix alimentaires, la saveur des aliments exerce une influence des plus contraignante.
Ce que nous appelons communément le "goût" d'un aliment est en réalité la "flaveur", laquelle résulte de l'interaction entre le goût et l'odorat. D'autres sensations procurées par les aliments viennent s'ajouter à l'expérience de la saveur, telles que la brûlure du piment, la morsure d'une menthe forte ou le picotement d'une boisson gazeuse, aussi bien que la texture, la température et l'aspect des aliments.

Plus de quatre-vingt pour cent de ce que nous percevons comme goût (saveur) relève en fait de l'odorat (parfum). L'homme est capable de discerner 20 000 odeurs différentes et 10 intensités voire plus pour chacune d'entre elles. La senteur nous parvient lorsque des odeurs atteignent les récepteurs olfactifs situés dans la cavité nasale, empruntant deux voies : par les narines lorsque nous inhalons et par l'arrière de la

bouche, lorsque nous mâchons et déglutissons. Le goût véritable apparaît sur la langue. Nous naissons avec 10 000 papilles gustatives situées à l'arrière, sur les côtés et sur la pointe de la langue, dans le palais et dans la gorge. Lorsque les cellules des récepteurs gustatifs situés à l'intérieur des papilles sont sollicitées par des stimuli chimiques, elles détectent cinq sensations primitives : doux, acide, salé, amer et "umami", ce goût piquant-salé du glutamate que l'on trouve dans les aliments riches en protéines et en glutamate de sodium.

4. Tendances actuelles : une affaire de goût…

Il est très important d'évaluer et d'anticiper les envies des consommateurs en matière de goût. On comprend aisément que le succès d'un bonbon réside en partie dans l'arôme utilisé par l'industriel : c'est dans cette optique que se situe le sous-projet réalisé en partenariat avec l'entreprise CHOCMOD (Roncq, 59) qui vise à améliorer les arômes de leurs oursons gélifiés et de leurs frites gélifiées acidulées. Mais, les industriels ne doivent pas seulement se contenter de répondre aux attentes des consommateurs. Il leur faut aussi prévoir les nouvelles tendances en matière de goût, telle est la démarche de l'entreprise BENEDICTA qui sonde le consommateur pour connaître ses envies dans le but de développer une gamme de sauces tex mex. Il est aussi intéressant de connaître les nouvelles et futures tendances des arômes recherchés et souhaités car, elles déterminent les orientations des démarches d'innovation en matière de goût dans l'agroalimentaire.

a. Retour au naturel

Selon Alain Weill, directeur France de la division arômes de Givaudan, leader mondial de l'aromatique, le retour au naturel est la "grande orientation actuelle". Ainsi, actuellement on peut trouver dans les produits laitiers fermentés et les desserts des notes aromatiques "naturelles" ayant un profil organoleptique proche du fruit frais, sans que l'arôme soit forcément naturel au sens législatif du terme. Grâce à la technique d'analyse

"Head Space" qui permet de capturer les effluves d'une matière première naturelle (une plante vivante par exemple), Mane a développé une gamme d'arômes restituant la vraie nature des différentes variétés d'un même fruit (poire Williams, poire Conférence, pêche jaune, pêche blanche, nectarine, brugnon…), des plantes (romarin, menthe, thym), ou encore des fleurs (fleurs de pêcher, seringa, jasmin, mimosa, rose…). Dans le rayon soft drink, on peut trouver sous la marque YMA des eaux rafraîchissantes déclinée en version pomme-cannelle, rose-lychee, fenouil-coriandre. A la faveur de la vogue du naturel, les arômes floraux et feuillus semblent devoir progressivement s'introduire dans le secteur des crèmes glacées et sorbets. D'après une étude réalisée par Sevarome, producteur d'arômes, on observe une demande marquée aux USA pour les arômes floraux : rose, fleur d'oranger relativement classiques, mais aussi coquelicot, mimosa.

Dans l'ultra-frais laitier, les bi-goûts sur des fruits classiques (fraise - autre fruit rouge, pamplemousse rose - orange, pêche jaune - abricot, mangue - pêche, mangue - passion) sont très appréciés par les consommateurs surtout pour les fruits jaunes. La tendance aux notes fraîches pour les fruits cohabite avec celle portant sur des notes pâtissières (crumble aux pommes, tarte tatin, tarte au citron…) signe des produits plus complexes, plus riches, plus gourmands.

Dans le secteur des boissons laitières acides, des aromatisations moins courantes du type agrumes (notes d'orange, pamplemousse, mandarine…) sont aussi bien tolérées du fait de la présence de jus de fruits. Orange, fruit de la passion, pomme et de plus en plus d'associations bi-parfums (citron - gingembre, ananas - fruits exotiques, pêche - abricot, pêche - poire) figurent parmi les arômes les plus demandés. A côté on trouve aussi des associations de notes de jus de fruits et de notes de légumes avec des extraits de thé vert, de ginseng…à connotation bien-être et santé.

b. Attrait pour les notes gourmandes

Dans les arômes gourmands, les notes brunes (vanille, café, chocolat) intemporelles restent les saveurs "phares" sur le marché des desserts et des crèmes glacées. Ainsi, le chocolat tend de plus en plus vers les extrêmes avec des chocolats très noirs, amers et des chocolats au lait très doux et vanillés. Il se décline dans des notes de jianduja, pain d'épices, caramel, cappuccino, mandarine. Le café quant à lui est décliné en cappuccino, expresso, café crème, voire avec une vogue italienne pour les arômes tiramisu. Le caramel lui connaît un renouveau au travers des notes toffee, beurre salé, au lait…

Les recettes traditionnelles locales, régionales (notion de terroir) ont aussi un succès croissant avec le développement des desserts et de produits laitiers fermentés gourmands : association pomme/caramel, poire/chocolat. Mane propose ainsi une gamme d'arômes complexes recréant la saveur des recettes traditionnelles, fruits cuisinés, notes chaudes pour les crèmes glacées et les crèmes desserts : des notes pâtissières du type biscuit (beurre nantais pour la France par exemple), tarte citron meringuée ou encore pain d'épices. Maxens, autre producteur d'arômes, s'est inspiré de l'Italie, avec des notes de Panetone (orange fruitée et biscuitée) ou encore des Antilles (notes tatin-rhum). On peut citer des notes pâtissières type confiserie très prisées aussi (spéculoos, nougatine) ou fruitées (rocher-congolais, érable-meringue, marron…), des arômes rappelant les vins chauds (sangria-poivre), les céréales du petit déjeuner (miel-céréales), des associations vanille-muscade… Pour les crèmes desserts, on y ajoute des arômes de crème pâtissières, crème catalane, crème brûlée.

Il nous faut noter aussi le retour à la cannelle dans l'alimentation des Français : elle est synonyme pour eux de qualité, d'authenticité et de terroir. Ainsi, Stimorol a mis sur le marché des chewing-gums menthe-cannelle vendus exclusivement dans les magasins Monoprix-Prisunic et Kraft, quant à lui, a lancé des céréales cannelle-raisin.

c. Vers les notes exotiques et ethniques…?

Actuellement en vogue aux USA, cette tendance pourrait se développer sur le marché européen d'ici 18 mois, selon Alain Weill. Il ne s'agit pas ici des notes de fruits exotiques dites aujourd'hui classiques, comme la banane, mangue, ananas, noix de coco, ou encore litchi, kiwi mais plutôt de notes très nouvelles. En effet, suite à des expéditions "Taste Treck" en Guyane française et au Gabon pour explorer la canopée de la forêt pluviale, Givaudan a breveté des molécules inédites identiques aux composés aromatiques relevés sur des végétaux jusqu'ici inconnus. Elles ont permis de recréer des arômes hors du commun tels que Paradise Fruit, Gabonese Pineapple, Ginger Strawberry, Bush Pearl, Rainforest Melon….

Mais, l'exotisme passe aussi par des goûts empruntés à d'autres cultures. De nombreuses applications ont été réalisées dans le secteur laitier, avec des associations arômes-épices : vanille-poivre, chocolat-gingembre en crème dessert ; association à des notes légume ou poisson en fromages blancs aromatisés salés pour des substituts de repas ; en fromage fondu, avec une demande de produits variés forts en goûts exotiques et ethniques (tex mex, créole, tandoori…). Sensient Flavors a même crée des aromatisations type "cactus" : lime-pamplemoussse avec des extraits de cactus. Robertet va plus loin et exploite le concept de "Fusion Food" : il s'agit de l'utilisation conjointe d'ingrédients traditionnels et de modes culinaires exotiques ou inversement. Par exemple, cette entreprise a imaginé une fusion Europe-Amérique du Sud, avec une transposition du guacamole sous forme d'un fromage blanc salé aromatisé tequila, citron et piment, à déguster avec des tacos aromatisés au poulet. Encore plus complexe, la fusion Orient-Asie réalisée dans les crèmes glacées aromatisées rose et grenade-goyave à consommer avec des sauces "dip" aromatisées cannelle, cumin, safran sur base de miel. Robertet a quant à lui suivit la même démarche en développant entre autres des notes de lotus, hibiscus, jasmin… évocatrices de l'Asie de quoi faire voyager le consommateur devant son assiette. Enfin, dès avril 2002, Haagen Dazs nous fera voyager avec ses nouveaux parfums aux noms évocateurs comme "Marrakech Festival", "Bahia Rythm", ou encore

"Jaïpur Mystery" (piquant et sucré à la fois…), crème glacée vanille rehaussée d'une pointe de cumin et de gingembre, incrustée d'amandes épicées.

II. LES CONSOMMATEURS ET LES ARÔMES ALIMENTAIRES

1. Une alimentation paradoxale

L'Enquête sur les tendances de la consommation réalisée en Janvier 2001 par le CREDOC rapporte qu'en juin 2000, à une question sur leur représentation du "bien manger", les personnes interrogées mettaient d'abord en avant le "bon goût, la saveur, le plaisir, se régaler" (46% des réponses), bien avant des considérations plus nutritionnelles (27% citaient "l'équilibre", 5% des produits "naturels, bio") ou des critères de qualité intrinsèque ("Frais, de qualité " : 23%). Plus récemment encore, les termes utilisés pour définir un "aliment de qualité" confirment, de manière éloquente, la place centrale du goût et du plaisir, puisque près d'un Français sur trois a cité des notions telles que le bon goût des aliments, leur saveur, l'agrément à les consommer, l'envie qu'ils suscitent

D'autre part, l'adjectif paradoxal peut servir à qualifier le consommateur de cette fin de décennie. Comme on parle de consommateur paradoxal, on a aussi recours aux termes de consommateur "arlequin", "caméléon" ou "encore multidimensionnel".
En effet, le consommateur d'aujourd'hui a des attentes parfois contradictoires : le meilleur à bas prix, des articles d'aspect naturel mais aux performances high-tech, une personnalisation mais suivant la tendance générale, il revêt des costumes différents suivant les situations, les occasions, les moments de sa vie, de sa journée. Par exemple, le consommateur paradoxal essaie de concilier un souci d'économie et l'achat plaisir/bien-être, et vice-versa. Cette tendance du consommateur à cultiver le paradoxe se retrouve

dans tous les biens de grande consommation et notamment dans l'alimentation, les cosmétiques, et l'habillement

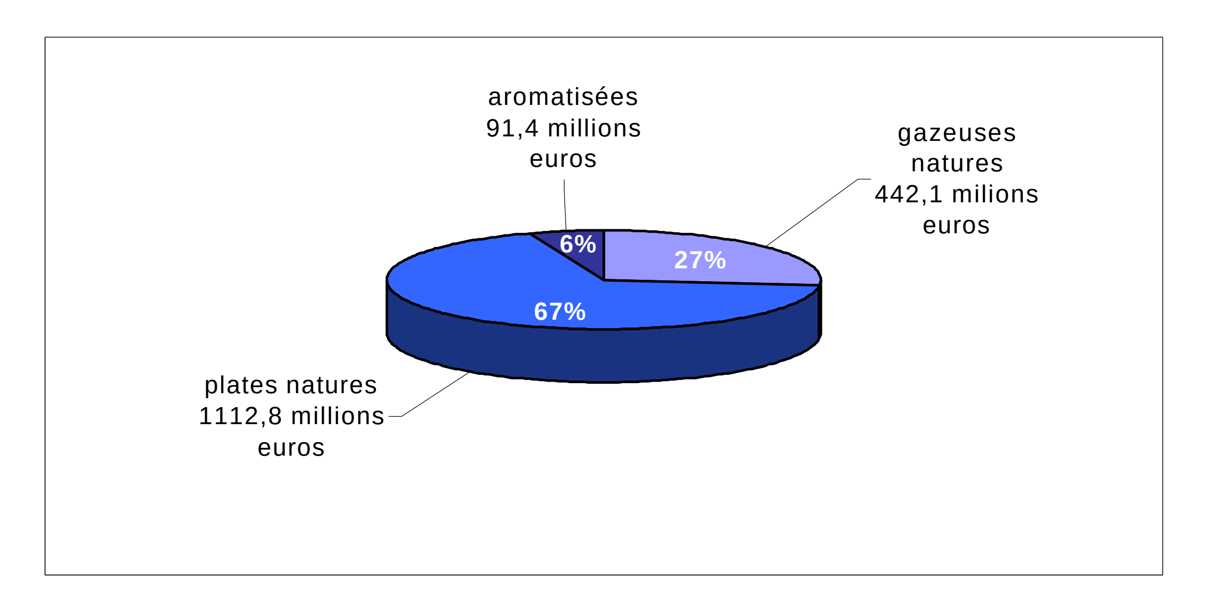
L'alimentation est particulièrement révélatrice du comportement paradoxal du consommateur de cette fin de siècle. Ce comportement paradoxal se manifeste non seulement dans son mode de consommation des produits alimentaires, mais aussi dans ses exigences quant à leurs caractéristiques. En effet, il recherche souvent des produits alimentaires aux qualités contradictoires ou tout du moins difficiles à concilier : rapidité et praticité, mais aussi authenticité, saveur et plaisir, voire plus équilibre diététique et santé.

2. Le succès des eaux aromatisées

En étudiant la filière des arômes alimentaires, il nous est apparu intéressant de noter le grand succès des eaux aromatisées et de s'attacher à comprendre les raisons de celui-ci.

a. Le marché des eaux embouteillées

Figure 1 : Le marché des eaux minérales



Le marché des eaux embouteillées représentait fin 2001 un Chiffre d'affaires total de1.646 milliard d'euros (environ 10.8 milliards de francs). Les eaux aromatisées ont généré un Chiffre d'affaires de plus de 91.4 millions d'euros (environ 0.6 milliards de francs), elles représentaient 6% du marché total de l'eau embouteillée avec une augmentation de 30% en valeur.

Eaux aromatisées au citron, à la poire, à la fraise : les spécialistes du secteur sont de plus en plus nombreux à s'intéresser à ce marché attractif qui progresse à un rythme soutenu. Au plan de l'offre, le marché de l'eau embouteillée est proche de la saturation, les marques jouent donc sur l'innovation pour se différencier et conquérir les consommateurs. Les distributeurs se rendent aussi compte du formidable potentiel des eaux aromatisées.

Le marché des eaux aromatisées, qui constitue le relais de croissance rentable pour les marques présentes sur le secteur de l'eau, commence ainsi à devenir une « grosse niche ».

Des études de marché ont été effectuées pour suivre l'évolution du marché des eaux aromatisées, les tableaux (cf tableaux 1,2 et 3) suivants montrent les résultats obtenus :

Tableau 1 : Les hypermarchés

Total	880.4 (millions d'euros)	+6.9%
Aromatisée plate	4.9%	+29.6%
Minérale nature plate	50%	+5.9%
Source nature plate	18.4%	+11.6%
Minérale nature gazeuse	23.3%	+3.2%
Source nature gazeuse	1.2%	-15.8%
Aromatisée gazeuse	2.3%	+6.5%

Tableau 2 : Les supermarchés

Total	926 (millions d'euros)	+5.8%
Aromatisées plate	4%	+19.1%
Minéral nature plate	52.5%	+5.5%
Source nature plate	15.5%	+12.8%
Minéral nature gazeuse	24.2%	+2.3%
Source nature gazeuse	1.7%	-9.3%
Aromatisé gazeuse	2.1%	stable

source: Infoscan/Iri-secodip

cumul annuel mobile en GMS à fin novembre 2001, en millions d'euros. Evolutions sur un an.

Tableau 3 : Parts de marché des marques d'eaux aromatisées en GMS

	% CA	Evol./1 an
Volvic fruits + thé	29,6 %	- 10,2 points
Volvic Magique	25,9 %	+ 1,5 points
P'tit Vittel	24,3 %	- 3,1 points
Vittel fruits	3,8 %	+ 2,8 points
Contrex beauté	7 %	+ 2,1 points
Contrex fruits et fleurs	4 %	+ 4 points
MDD	1,5 %	- 0,2 points
Autres	3,9 %	+ 3 points

Parts de marché valeur des marques d'eaux aromatisées plates en GMS. Cumul annuel mobile à fin novembre 2001.

Source : panel de distributeurs / origine fabricants

b. Les attentes des consommateurs

En ce qui concerne le marché des eaux embouteillées, les attentes des consommateurs sont fortes : goût, plaisir, désaltération et forme. Ils sont aujourd'hui de

plus en plus soucieux de leur santé, de ne pas boire trop sucré et on remarque un petit désengouement pour les sodas.

Les eaux aromatisées, boissons entièrement naturelles, sans colorant, ni conservateur, et très peu sucrées, s'inscrivent dans l'air du temps, alliant plaisir et fonctionnalité, produit sain et naturel. Faibles en calories, revendiquant des compositions plus naturelles, les recettes d'eaux aromatisées à base de fruits ou de fleurs (citron, mangue, fruits des bois ou encore vanille…) se multiplient, empiétant sur le marché voisin des soft-drinks. Les atouts de ces eaux aromatisées sont ainsi la diversité d'arômes et de goût, mais aussi une teneur en sucre très faible en comparaison des sodas, colas et des jus de fruits. Par exemple, la boisson aromatisée Volvic aux extraits de citron-citron vert et orange douce contient environ 18 fois moins de sucre qu'une limonade ou un soda.

Cette stratégie présente l'avantage de séduire les consommateurs peu attirés par l'eau plate nature, ou soucieux de leur ligne, et aussi les enfants.

c. Quelques difficultés rencontrées par les fabricants d'eaux aromatisées

Pour fixer les arômes, il existe deux méthodes : l'alcool neutre ou le sucre, le tout à dose homéopathique. Ensuite, afin de restituer le goût intact du fruit aux consommateurs, les concepteurs o u les créateurs de ces eaux aromatisées aux extraits naturels doivent agir suivant des règles strictes qui contribuent à la qualité finale des boissons.

La restitution du goût du fruit (ou de la fleur) passe d'abord par le choix des extraits aromatiques les plus justes. Les extraits d'écorces de fruits qui entrent dans la composition des eaux minérales aromatisées de Volvic, par exemple, sont entièrement naturels.

D'autre part, la qualité dans le temps des extraits aromatiques utilisés est au centre des préoccupations des concepteurs de ces boissons. La stabilité et la qualité de ces arômes naturels doivent être régulièrement testées par des dégustateurs professionnels et par des panels de consommateurs.

En outre, il existe un réel problème de positionnement pour ces eaux aromatisées qui restent toujours au rayon eau. Laisser les eaux aromatisées dans ce rayon peut séduire les adeptes de l'eau minérale, en revanche les placer au rayon jus de fruits pourrait s'avérer judicieux, si elles veulent conquérir le marché des enfants.

3. Conclusion

Suite à cette étude, il nous est apparu que cette innovation sur le marché de l'eau s'inscrit dans l'air du temps, en alliant plaisir et fonctionnalité (grâce à de nouveaux formats de bouteilles) et en étant un produit sain et naturel. Ce nouveau type de boisson risque de devenir un produit de substitution sérieux face à des boissons plus sucrées et contenant plus de calories, telles que les sodas et les jus. D'autre part, il nous semble qu'il serait intéressant d'étendre cette innovation, qui a dynamisé le marché des eaux embouteillées, à d'autres secteurs de l'industrie agroalimentaire : pourquoi ne pas envisager l'utilisation de ces arômes naturels dans les viennoiseries, les produits laitiers ou encore les pâtisseries ? Il serait alors possible de jouer la carte du plaisir, du goût, tout en proposant des produits à faible teneur en sucre et en calories.

III. ETUDE DE LA VISION DES CONSOMMATEURS FRANÇAIS VIS A VIS DES ARÔMES ALIMENTAIRES

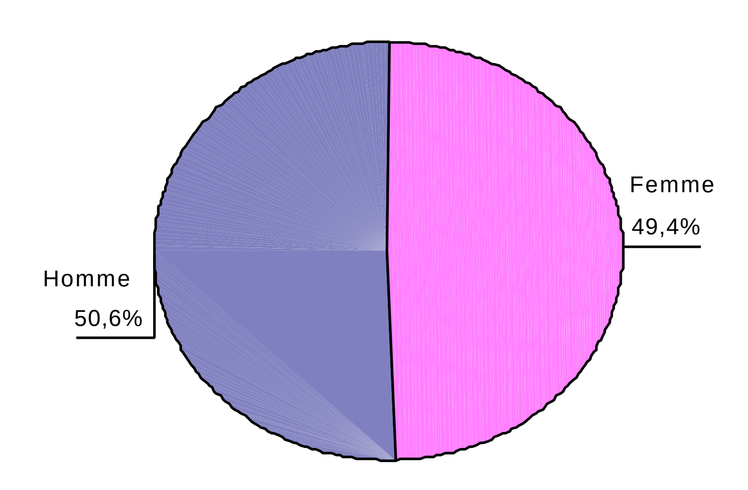
Notre objectif est de vérifier si la présence d'arômes dans l'alimentation constitue un frein pour les consommateurs français.

Afin de rédiger un questionnaire (cf *annexe 1*) en réponse à notre problématique, nous avons décidé de réaliser tout d'abord des entretiens semi-directifs auprès de consommateurs. Ensuite, nous avons été amenés à réaliser un pré-test, sur un échantillon de 45 personnes, afin de vérifier et de valider la formulation de nos questions. Enfin,

nous avons diffusé notre questionnaire final sur Internet dans le but de récolter un maximum de réponses en un minimum de temps.

Nous avons donc analysé les résultats obtenus (cf *annexe 2*), sur la base d'un échantillon de 178 individus, dont 88 femmes (soit 49.4%) et 90 hommes (soit 50.6%), d'une moyenne d'âge de 27 ans environ (avec un écart-type de 8.38).

Figure 2 : Répartition hommes/femmes de l'échantillon



1. Analyse univariée

a. Analyse de la moyenne et de l'écart-type

Tableau 4 : Résultats de l'analyse univariée

Statistiques descriptives

	Moyenne	Ecart-type[a]	n analyse[a]	N manquantes
goûtessentiel	4,54	,68	178	0
appétit	3,84	,96	178	0
attraitgoût	4,40	,72	178	0
prodaromatisé	2,93	1,01	178	0
vérifprésencearome	2,25	1,13	178	0
rejetsynthèse	2,49	1,16	178	0
rejetnaturel	1,67	,77	178	0
fruitslégumes	,96	,21	178	0
santé	,79	,41	178	0
apportgoût	,95	,22	178	0
présencenécess	,77	,42	178	0
âge	27,41	8,38	178	0
sitprof	6,40	2,14	178	0

a. Pour chaque variable, les valeurs manquantes sont remplacées par la moyenne des variables.

Les valeurs des moyennes et des écart-types des variables étudiées ne correspondent pas à celles attendues pour une distribution normale (c'est à dire des moyennes voisines de 3 pour une échelle de Lickert de 5 niveaux, et un écart-type compris entre 1 et 1,2). Cependant, cela ne remet pas en cause les résultats de notre analyse.

b. Tri à plat

Notre analyse univariée concerne principalement des variables quantitatives : il s'agit d'étudier ces variables, prises une à une, en observant les fréquences des modalités de chacune d'entre elles. Nous avons pour cela regroupé les modalités « pas du tout d'accord » et « pas d'accord » d'une part, ainsi que « tout à fait d'accord » et « d'accord » d'autre part.

Nous observons ainsi que 93.8% des personnes interrogées pensent que le goût des aliments est essentiel pour l'alimentation et 91% sont attirés par les aliments ayant du goût. De plus, 94.9% pensent que les arômes apportent du goût ; cela montre que les consommateurs sont conscients que l'utilisation d'arômes dans les produits alimentaires permet de répondre à ce besoin de goût.

D'autre part, 95.5% des personnes interrogées reconnaissent que les arômes existent naturellement dans les fruits et légumes, 78.7% pensent qu'ils ne sont pas dangereux pour la santé, et 71.4% estiment qu'un de leurs rôles est d'ouvrir l'appétit. Les consommateurs interrogés ont donc une bonne connaissance des arômes et en ont une bonne image.

Il ressort aussi de cette analyse que seulement 14% de notre échantillon dit vérifier la présence d'arômes dans son alimentation, lors de ses achats. De plus, seulement 16.3% des personnes interrogées rejettent systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse et 15.2% rejettent ceux contenant des arômes naturels. Il semble donc que,

pour la grande majorité de notre échantillon, la présence d'arômes dans l'alimentation ne constitue pas un frein.

Toutefois, notre échantillon est partagé sur la question « un produit alimentaire doit être aromatisé » : 29.8% sont d'accord, 33.7% ne le sont pas et 36.5% ne sont ni d'accord ni pas d'accord, alors que 77% estiment que les arômes doivent être présents dans l'alimentation.

En fait, il semblerait que la présence d'arômes ne gêne pas les consommateurs français lors de leurs achats et que ces consommateurs soient conscients de la nécessité d'inclure des arômes dans les produits alimentaires. Mais, en même temps, ils souhaiteraient que cette présence soit limitée.

2. Analyse bivariée : Etude des corrélations

L'analyse des corrélations permet de déterminer les relations entre les variables quantitatives prises deux à deux. Nous pouvons remarquer qu'il existe ici des corrélations positives : dans ce cas lorsque les fréquences de la variable en question augmentent, celles de la variable qui lui est positivement corrélée augmentent également.

Les corrélations les plus pertinentes sont les suivantes :

- Entre « un produit alimentaire doit être aromatisé » et :
    - « les arômes ne sont pas dangereux pour la santé »
    - « les arômes apportent du goût »
    - « les arômes doivent être présents dans l'alimentation »

De manière générale, les personnes qui pensent qu'un produit alimentaire doit être aromatisé, sont également celles qui pensent que les arômes ne sont pas dangereux pour la santé, qu'ils apportent du goût, et qu'ils doivent être présents dans l'alimentation.

- Entre « quand j'achète un produit alimentaire, je vérifie la présence d'arômes » et
    - « je rejette systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse »
    - « je rejette systématiquement les produits contenant des arômes naturels »

On constate que les personnes qui rejettent systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse et/ou naturels sont celles qui vérifient la présence d'arômes quand elles achètent un produit alimentaire.

- Entre « je rejette systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse » et « je rejette systématiquement les produits contenant des arômes naturels ».

Nous pouvons remarquer qu'il existe aussi des corrélations négatives : dans ce cas lorsque les fréquences d'une variables augmentent, celles de la variable qui lui est négativement corrélée au contraire diminuent.

- Entre « quand j'achète un produit alimentaire, je vérifie la présence d'arômes » et « les arômes apportent du goût »

Cela signifie que plus les personnes vérifient la présence d'arômes lors de leurs achats, moins elles pensent que les arômes apportent du goût.

- Entre « je rejette systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse » et :
    - « les arômes existent naturellement dans les fruits et légumes »
    - « les arômes ne sont pas dangereux pour la santé »
    - « les arômes apportent du goût »
    - « les arômes doivent être présents dans l'alimentation »
    - « un produit alimentaire doit être aromatisé »

De même, plus les personnes rejettent systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse, moins elles pensent que les arômes existent naturellement dans la nature, qu'ils ne sont pas dangereux pour la santé, qu'ils apportent du goût, et qu'ils doivent être présents dans l'alimentation.

Toutes les corrélations relevées (positives et négatives) sont cohérentes et confirment nos hypothèses de départ quant aux convictions des consommateurs.

3. Analyse factorielle

Suite à notre analyse factorielle, nous obtenons deux classes principales :

- l'une englobant les consommateurs favorables à la présence d'arômes dans l'alimentation,
- et l'autre correspondant aux consommateurs hostiles à la présence d'arômes dans l'alimentation.

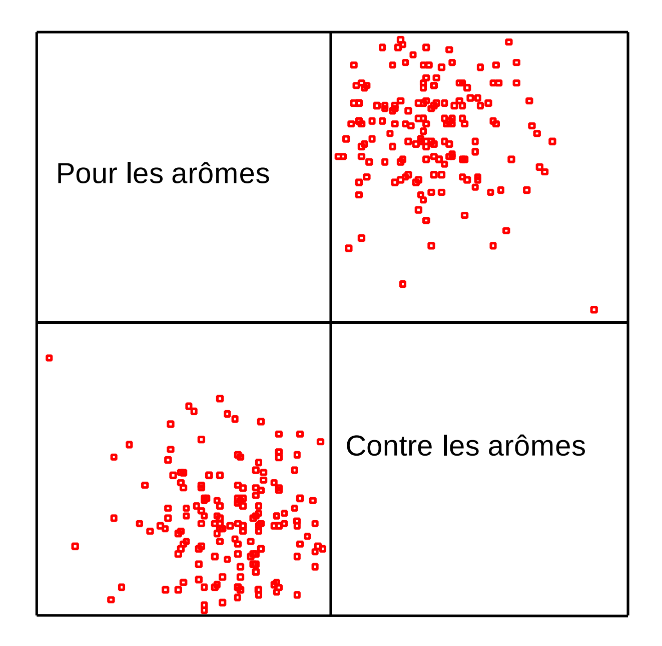
Tableau 5 : Résultats de l'analyse factorielle

	Composantes	
	Classe 1	Classe 2
Produit doit être aromatisé	0,787	
Arôme ouvre l'appétit	0,668	
Présence des arômes est nécessaire	0,647	
Attrait du goût	0,583	
Vérification de la présence d'arômes		0,771
Rejet des arômes de synthèse		0,714
Rejet des arômes naturels		0,682

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Méthode de rotation : Oblimin avec normalisation de Kaiser.

Figure 3 : Diagramme de répartition des deux classes



Ce tableau et ce diagramme (cf tableau 5 et figure 3) confirment nos hypothèses de départ concernant l'existence de deux groupes de consommateurs.

4. Conclusion

Selon les résultats de notre étude, il existe deux types de consommateurs : ceux qui sont défavorables à la présence d'arômes dans leur alimentation et ceux que cette présence ne gêne pas.

Il ressort aussi de notre analyse que la majorité des consommateurs français n'est pas freinée dans ses achats par la présence d'arômes dans les produits alimentaires.

Afin d'obtenir des résultats plus poussés, il serait tout de même nécessaire de mener une enquête sur un échantillon plus important (celui-ci étant de 178 individus seulement). D'autre part, la forte représentativité des étudiants, qui figurent environ à 58% dans notre échantillon, peut constituer un biais. Nous pouvons émettre l'hypothèse

que les consommateurs sont moins réticents aux arômes naturels, en nous basant sur nos lectures à ce sujet et sur nos entretiens de consommateurs. Cependant, il serait intéressant d'approfondir notre étude, en cherchant à évaluer la différence entre les arômes de synthèse et les arômes naturels aux yeux des consommateurs.

PARTIE II : UTILISATEURS

On imagine bien souvent que la saveur des aliments est une caractéristique propre du produit que l'on est en train de consommer. Toutefois, seuls les produits frais consommés en l'état (fruits, crudités) peuvent vraiment prétendre à cette perception car les produits transformés, eux, doivent en partie leur saveur (mais pas seulement bien sûr) à l'adjonction d'arômes. C'est ainsi que l'utilisation d'arôme concerne pratiquement tous les acteurs de l'agro-alimentaire. En outre, à l'heure où les consommateurs exigent des aliments ayant toujours plus de goût et recherchent des saveurs authentiques ou inattendues, l'emploi d'arômes n'apparaît plus seulement comme une nécessité mais aussi comme un élément stratégique de la fabrication d'un produit alimentaire.

I. LES DOMAINES D'APPLICATION DES ARÔMES

Tout procédé de transformation, aussi maîtrisé soit-il, entraîne des pertes aromatiques importantes. De ce fait, les producteurs d'arômes possèdent une palette de clients extrêmement variée, recoupant pratiquement tous les domaines de l'agro-alimentaire. Les arômes sont donc utilisés dans des domaines aussi différents que ceux de la biscuiterie, des boissons, des confiseries, des produits laitiers, des pet-foods, des produits salés, du tabac et même de l'industrie pharmaceutique. Le tableau suivant donne quelques exemples illustrant cette omniprésence des arômes dans notre alimentation.

Tableau 6 : Quelques exemples des domaines d'utilisation des arômes

Domaines d'utilisation	Exemples
Biscuiterie	biscuits sucrés, biscuits salés, snacks, nappages, fourrages, paneterie, viennoiserie.
Boissons	sodas, boissons aux jus, nectars, limonades, eaux aromatisées, liqueurs, crèmes, alcools, spiritueux, pastis, vermouths, cocktails, thés et tisanes, boissons en poudre et boissons instantanées.
Confiseries	bonbons, chewing-gums, sucres cuits, pâtes à mâcher, fondants, chocolats, gélifiés, confitures.
Produits Laitiers	yogourts, laits aromatisés, préparations de fruits sur sucre, desserts lactés, crèmes glacées & sorbets, crèmes dessert, fromages, margarines.
Pet-Food	volailles, viandes, poissons, appetizers
Produits Salés	sauces, charcuteries, plats cuisinés, plats surgelés, conserves, condiments, potages déshydratés, épices, compositions aromatiques (liquides ou poudres).
Tabacs	arômes concentrés, top notes, maturation pour tabacs de cigarettes, cigares et pipes.
Laboratoires Pharmaceutiques	spécialités pour sirops, ampoules buvables, comprimés effervescents.

II. RÔLES ET BESOINS DES ARÔMES

1. Objectifs

L'étape d'aromatisation consiste en l'ajout d'un arôme à l'aliment sous la forme d'un mélange de composés d'arômes, d'herbes aromatiques ou d'épices. Les arômes peuvent être utilisés pour créer de nouvelles sensations olfactives ou saveurs, exhauster le potentiel d'un arôme déjà existant ou supplémenter des arômes perdus lors d'un procédé de fabrication. Si les objectifs de l'aromatisation sont aujourd'hui multiples, c'est qu'ils ont peu à peu évolués avec le temps.

La première fois que l'homme a modifié le goût de ses aliments, c'est avant tout parce qu'il s'est rendu compte des propriétés conservatrices de certains aromates. Puis cela s'est intégré à une véritable recherche de goûts et de saveurs visant à satisfaire notre besoin de variété, (l'homme est un omnivore) les aliments à l'état brut (mis à part les fruits) ayant en définitive des saveurs assez « fades ». Physiologiquement, le goût joue aussi un rôle au niveau de la régulation de la prise alimentaire ainsi que dans la reconnaissance et le contrôle d'un aliment (régurgitation des aliments impropres à la consommation).

Par la suite, le développement de l'industrie a permis la mise au point de technologies souvent peu compatibles avec la fragilité des constituants aromatiques et l'utilisation d'arômes s'est avérée être un excellent palliatif à ces dégradations. Elle permet en outre de masquer les goûts parfois peu agréables de certains additifs (servant à la texturation type amidons ou hydrocolloïdes employés comme épaississants par exemple). C'est enfin un élément à part entière de la politique qualité des entreprises au sens standardisation de la production. En effet, la richesse et la puissance gustative des matières premières n'étant pas constantes, l'adjonction d'arômes, dont les effets sont parfaitement calibrés, permet de contrebalancer ces fluctuations et ainsi de niveler les goûts.

2. Fragilité des arômes

Si l'utilisation d'arômes semble être aussi indispensable, c'est avant tout en rapport avec la grande fragilité des composés aromatiques naturellement présents dans les aliments. En effet, le pouvoir aromatisant résulte de la présence de certaines fonctions chimiques (aldéhydes, cétones, phénols…) fortement réactives c'est–à–dire peu stables. Ceci est d'autant plus marqué que les aliments sont au contact d'autres éléments favorisant la transformation de ces structures tels que les micro-organismes (via leurs enzymes) ou encore l'eau et l'oxygène qui ouvrent la porte à des réactions d'hydrolyse et d'oxydation.

Il faut également ajouter à cela les caractéristiques physiques de ces molécules. La faible température d'ébullition, qui correspond à la température minimum permettant à la molécule de passer dans l'air, signifie que les arômes se volatilisent très facilement à température ambiante ce qui modifie donc à tout moment l'équilibre aromatique. Or la saveur d'un aliment repose sur cet

équilibre et toute modification, aussi infime soit-elle, voire non mesurable, aura une répercussion qualitative.

Il est bien entendu que tout ces phénomènes seront d'autant plus marqués que les durées de transformations et la température sont importantes, conditions souvent réunies au cours des procédés industriels.

III. CONTRAINTES D'UTILISATION

Pour pallier aux différentes pertes aromatiques mais aussi pour développer des goûts susceptibles d'attirer les consommateurs, les industriels ont donc recours aux arômes mais leur usage est loin d'être évident et de nombreuses contraintes se présentent à eux.

1. Le procédé industriel

L'industrie alimentaire fournit aujourd'hui la plus grande partie de notre alimentation sous forme de produits dont la durée de vie est allongée. Pouvoir différencier la consommation d'un produit, c'est avant tout réduire, voire supprimer, la charge microbienne et cela passe souvent par des traitements thermiques intenses. Au cours de ces derniers, l'eau en se vaporisant entraîne avec elle des composés aromatiques, quand ceux-ci ne sont pas déjà affectés par la stimulation par la chaleur des réactions chimiques de dégradation. De même, le froid engendre lui aussi des modifications de la disponibilité de l'arôme dans l'aliment.

D'autres procédés unitaires couramment employés en industrie peuvent également perturber l'équilibre aromatique. Ainsi, des opérations de séparation des constituants (centrifugation, filtration…) vont tout naturellement partager les corps odorants entres les différentes phases alors que les opérations de mélanges vont plutôt apporter de nouvelles substances. L'ultime étape d'un processus industriel, le stockage, est elle même source de perte aromatique puisque l'entreposage laisse aux réactions de détérioration aromatique le temps d'avoir lieu.

Si chaque secteur de l'agro-alimentaire a ses propres procédés de fabrication, tous sont confrontés à ce genre de contraintes. Le process apparaît donc comme un élément à prendre en considération lors du choix des arômes à utiliser notamment en ce qui concerne le moment de l'incorporation au produit. L'arôme peut être introduit à tous les stades de fabrication mais plus l'arôme sera fragile et le procédé agressif, plus il devra être incorporé tardivement tout en sachant que cela rendra plus difficile sa dispersion et sa solubilité dans l'aliment. C'est par exemple le cas des snacks obtenus après cuisson-extrusion (dévastateur sur les arômes) qui sont aromatisés seulement en fin de fabrication par pulvérisation à la surface du produit. Cependant, cela génère des contraintes industrielles et le goût s'estompe très rapidement au cours de la dégustation. C'est pourquoi on conseille d'intégrer l'arôme au plus tôt dans le procédé et ce, dans la partie la plus protectrice du milieu constituant l'aliment pour qu'il subisse le moins de traitement, sachant que la température, le cisaillement et la pression représentent les principaux facteurs de dénaturation des arômes.

2. Le produit alimentaire

Selon les différents constituants d'un aliment, les arômes n'auront pas le même comportement en bouche car ils interagissent avec la matrice qui les entoure. Ces interactions sont principalement d'ordre chimique mais le support alimentaire peut aussi agir sur les opérations de transfert des corps odorants vers la phase gazeuse (et donc permettre leur perception). On peut cependant dégager les tendances générales suivantes :

- Les lipides agissent comme de véritables rétenteurs d'arômes. En effet, les arômes sont plutôt de nature liposoluble : en se solubilisant dans la matière grasse, ils auront moins tendance à se volatiliser. Toutefois, au cours de la dégustation, c'est au moment où les arômes passent dans la phase vapeur que les organes sensibles à ces molécules les perçoivent.
- Les macromolécules telles que les protéines et les glucides, agissent un peu sur le même principe en piégeant les arômes comme un poisson dans un filet. Si les mailles sont trop serrées, l'arôme ne pourra être relargué au moment adéquat.
- Les agents texturants, en agissant notamment sur la viscosité du produit, ralentissent la diffusion des arômes vers l'extérieur du produit et donc vers les organes sensoriels. Ceci met également en évidence l'impact de la structure de l'aliment sur la migration des éléments aromatiques vers la phase vapeur (un arôme migrera plus facilement dans une mousse que

dans un gel). D'une manière générale, plus la surface d'échange entre aliment et l'air est importante, mieux les arômes seront perçus : une boisson dégagera plus d'arômes en bouche qu'un aliment solide avalé en l'état mais la mastication est un élément permettant le renouvellement des surfaces.

- Des éléments peuvent au contraire avoir un pouvoir exhausteur de goût : c'est le cas par exemple du sucre, du sel, du glutamate.

Les aliments se présentent donc comme des milieux complexes où tous les éléments peuvent interagir et il apparaît nécessaire de bien connaître les caractéristiques biochimiques du produit afin d'employer les agents aromatisant adéquats.

3. Le stockage

a. L'emballage

Comme nous l'avons vu jusqu'à lors, ce sont les contraintes de fabrication qui déterminent le choix des arômes appropriés. En ce qui concerne l'emballage, ce sera en fonction des arômes retenus pour le produit que l'on déterminera le type de conditionnement adapté.

L'emballage fait partie intégrante d'un produit alimentaire car il joue un véritable rôle protecteur vis-à-vis des agressions externes, qu'elles soient d'ordre physique (chocs) chimique (contamination) ou biologique (micro-organismes). Cela inclut donc également la protection des arômes en évitant leur perte, (fuite ou dégradation par l'action de l'oxygène ou de la vapeur d'eau) comme leur contamination par des odeurs parasites. D'un autre côté, l'emballage peut être lui-même vecteur de goûts parasites, comme par exemple le goût métallique lié à l'emploi de boîtes de conserves. Le développement des polymères, en constante évolution, semble apparaître comme un élément répondant à ces exigences car ceux-ci présentent des propriétés dites barrières. Cependant, ces qualités imperméables sont dépendantes du type de molécule à retenir. Ainsi, selon la volatilité de l'arôme, sa taille et sa forme, sa polarité ou encore le fait qu'il soit seul ou en mélange, le polymère n'aura pas la même efficacité.

b. Les conditions de stockage

Comme vu précédemment, le temps et la température de stockage ont des répercutions sur l'équilibre aromatique. Mais cela peut également avoir un impact sur l'emballage et notamment sur les polymères cités plus haut. En effet, si peu d'études ont montré l'incidence de la température, il a cependant été mis en évidence que l'humidité pouvait affecter les propriétés barrières de ce type de matériau.

4. Le mode de consommation

La façon dont sera consommé le produit induit de nouvelles dans le choix d'arômes. En effet, les produits sont souvent amenés à être réchauffés avant leur consommation, ce qui inflige aux arômes une dégradation thermique supplémentaire.

De plus, les exigences en matière d'arômes seront différentes selon le type même d'aliment. Par exemple, on attendra d'un chewing-gum qu'il ait du goût tout au long de la mastication qui peut durer plusieurs heures ! Inversement, le consommateur ne désirera pas forcément garder en bouche tout l'après-midi le goût du fromage aux ails et fines herbes qu'il a dégusté au déjeuner…Des notions de persistance des arômes sont donc mises en jeu et cela peut-être maîtrisé par le type d'arôme employé. Ainsi, l'aromaticien s'attachera à faire dominer des notes de têtes, (fugaces, premières libérées et donc premières perçues) des notes de cœur (qui arrivent ensuite) ou des notes de fond (qui assurent la persistance en bouche) selon le type d'aliments. Pour répondre à cette problématique de libération des arômes à un moment précis de la dégustation, de nombreuses solutions sont en voie de développement avec notamment la plus prometteuse d'entre elles, la gamme des arômes encapsulés (voir partie producteur).

5. Le coût et la stratégie

Bien évidemment, s'il est une contrainte qui n'est jamais occultée pour un industriel, c'est bien la contrainte financière. En terme d'aromatisation, le sempiternel dilemme entre la qualité et le coût a tout lieu d'être puisque les arômes naturels ou ceux ayant des caractéristiques fonctionnelles leur permettant une parfaite adéquation avec le process sont plus chers que les arômes de synthèse sans préparation particulière. Cependant, l'aromatisation détermine une part non négligeable des propriétés sensorielles à l'origine des préférences des consommateurs qui s'en servent de repère pour différencier les concurrents. Outre la contrainte financière, le choix d'un arôme s'avère donc relever de la stratégie de l'entreprise.

Pour mettre en évidence ce propos, on peut citer l'exemple de l'aromatisation des yaourts. En effet, les yaourts aromatisés (type Yoco, ne contenant donc que des arômes) à destination des enfants, ont souffert dernièrement d'un net déclin suite à l'engouement des consommateurs pour les produits naturels. Les fabricants de yaourts se sont donc trouvés face à une certaine ambiguïté entre d'un côté « les exigences de la mère et de l'autre, celles des enfants qui sollicitent souvent des notes simples, voire chimiques, un peu bonbon » (Laurent Pradel, responsable commercial chez IFF).

Le résultat de tout ça, c'est que le bon arôme n'est pas forcément celui qui coûte le plus cher mais celui qui est le plus adapté au produit

IV. CONTRAINTES LEGISLATIVES

1. Organismes

Comme pour tout bien de consommation, la législation et la réglementation des arômes repose sur 3 principes :

- la loyauté des échanges
- la santé du consommateur
- le respect de l'environnement

Certaines organisations nationales, européennes et internationales ont pour rôle de créer ces lois via des comités d'évaluation du risque (scientifique) et de gestion du risque (politique) et de veiller à leur respect. On peut citer en France :

- CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
- AFSSA : Agence Française des Sécurité Sanitaire des Aliments
- SNIAA : Syndicat National des Industries de l'Aromatique Alimentaire

Au niveau du système européen :

- CSAH : Comité scientifique de l'alimentation humaine
- JECFA : Joint Expert Comity of Food Additives
- EFFA : European Flavor and Fragrance Assosciation
- Conseil de l'Europe (Blue Book)

Au niveau du système Américain

- FEMA : Flavor Extract Manufactured Association (FEXPAN : Flavor Expert Panel) (Déterminent les substances GRAS = Generally Recognized As Safe)

Au niveau du système international

- FDA : Food and Drug Administration
- IOFI : International Organisation of Food Industry (code des bons usages = Red Book)

Toutes ces organisations établissent des listes positives, des listes négatives, des doses journalières admissibles, et des consignes de sécurité d'emploi. L'ensemble est rédigé dans des constitutions, des lois, des décrets, des directives. En Europe, il faut se reporter, entre autres, à la directive 88/388 CEE (cf *annexe 3*).

2. Fiche technique

Certaines mentions sont indispensables lors de l'élaboration de la fiche technique d'un arôme :

- L'identification du produit (dénomination de vente et code de référence si approprié)
- Statut légal de l'arôme et conditions d'utilisation du terme naturel
- La description du produit
- La composition
- Les substances limitées
- Les allergènes
- Les ingrédients issus de modifications génétiques
- Les autres déclarations
- Les analyses physico-chimiques
- La notion de carry-over
- Les données microbiologiques
- Les aspects nutritionnels
- La conservation
- L'emballage
- La clause de responsabilité

3. Etiquetage des arômes

a. Pour la vente aux industriels

En ce qui concerne l'étiquetage des arômes destinés à la vente aux industriels , il y a 7 mentions obligatoires :

- la dénomination de vente avec la mention « pour denrées alimentaires »
- la liste des ingrédients (partie aromatique et partie supports et additifs)
- les composés limités
- la quantité nette (en poids ou en volume)

- le numéro de lot
- le nom et l'adresse du fabricant

La DLUO (date limite d'utilisation optimale) est facultative.

b. Pour la vente au consommateur final

Cet étiquetage est plus précis que celui pour la vente aux industriels. Il doit comprendre :

- la dénomination de vente avec la mention « pour denrées alimentaires »
- la liste des ingrédients complète
- les composés limités
- la quantité nette (en poids ou en volume)
- le numéro de lot
- le nom et l'adresse du fabricant
- la DLUO
- le mode d'emploi si nécessaire

4. Objectifs de la législation

Les réglementations étant différentes selon les pays, l'objectif à moyen terme de l'industrie mondiale des arômes est de n'avoir qu'une seule liste globale de substances aromatisantes, évaluées par une méthodologie universellement reconnue afin de pouvoir faciliter les échanges et le commerce international.

V. L'INCORPORATION D'ARÔMES

1. Les aromatisants disponibles

a. Présentation générale

Pour résoudre au mieux les contraintes répertoriées, l'utilisateur d'arômes dispose d'une offre très variée en matière de substances aromatisantes.

- Les épices et aromates qui regroupent les plantes (ou partie) utilisées en l'état ou séchées
- Les compositions aromatiques qui sont issues d'une industrie spécialisée. Rien que dans cette catégorie, on compte près de 3000 sortes d'arômes.

Tableau 7 : Comparaison entre épices/aromate et arômes

	Epices et aromates	Arômes
Rendement	Faible : les molécules aromatiques doivent migrer de leur milieu d'origine vers l'aliment	Total : l'arôme s'incorpore directement à l'aliment
Salubrité	Possibilité de contamination microbienne	Aucun risque
Goût	Parfait	Plus ou moins proche du naturel
Utilisation	Dispersion difficile	Incorporation simple
Esthétique	Visible (persil dans le fromage)	Invisible
Coût	Cher	Moins cher

S'il est vrai que lorsque l'on achète un plat aromatisé aux herbes, on préfère voir les herbes, cela semble bien être le seul avantage à utiliser des épices et aromates plutôt que des arômes industriels. En effet, même en ce qui concerne le goût, les arômes industriels

(qui ne veut pas dire artificiels !), de part le développement des méthodes d'extraction, arrivent à obtenir des goûts identiques au naturel. En outre, les fournisseurs d'arômes, toujours plus soucieux d'augmenter leurs ventes, mettent au point des formules aromatiques qui simplifient grandement la vie de l'utilisateur quant aux contraintes précédemment citées. Ainsi, l'utilisateur a le choix parmi toutes formes d'arômes (liquides, en poudre, encapsulés, sucrés, salés, naturels, de synthèse…) de sorte qu'il y a forcément une formule qui convient à sa production, les plus prometteurs étant sûrement les arômes encapsulés.

b. Les arômes encapsulés

L'encapsulation (=enrobage) des arômes a permis le développement de produits alimentaires que l'on considérait jusque là comme techniquement irréalisables. En effet, c'est tout d'abord un allié dans la conservation des arômes pendant leur stockage car en les isolant de la phase vapeur, ceux-ci sont préservés de la volatilisation. De plus, les arômes sont également protégés contre les interactions indésirables pouvant avoir lieu avec la matrice alimentaire, entre arômes eux même ou bien avec les éléments de dégradations que sont l'eau et l'oxygène. Mais l'aspect le plus novateur de cette méthode reste de permettre le relargage contrôlé de l'arôme, aspect actuellement en plein développement.

2. Le dosage

C'est peut-être le point le plus critique compte tenu de la fragilité des arômes et des multiples réactions secondaires non souhaitées toujours possibles au cours du processus et du stockage. Si le traitement est agressif, on aura tendance à préconiser un surdosage en guise de compensation. Cependant, les traitements peuvent n'altérer qu'une composante de l'arôme et le surdosage ne ferait qu'accroître la distorsion aromatique. En outre, l'importance du dosage ne modifie pas que la puissance mais aussi la sensation. Dans tous les cas, on tient compte des données suivantes pour le dosage :

- L’importance du rapport odeur/saveur
- La densité de l’aliment pour la répartition aux organes olfactifs ce qui signifie que quelque soit la taille de la bouchée, la sensation doit être la même
- L’aération du produit qui, de part l’importance de la phase gazeuse va faire ressortir les notes de têtes.
- Les capacités adsorbantes du produit : plus il y a adsorption, moins l’arôme est libéré
- La dispersion de l’arôme dans le produit : on peut n’aromatiser qu’une partie de l’aliment ce qui est le cas des fourrages par exemple
- La présence d’exhausteurs, de substances au pouvoir masquant (lait) ou éblouissant (alcool)
- Le goût des consommateurs
- L’intensité des procédés de fabrication du produit
- La température de consommation de l’aliment.

PARTIE III : LES PRODUCTEURS

I. LES TECHNIQUES D'EXTRACTION D'ARÔMES

L'extraction des arômes est une des nombreuses méthodes qui permettent d'obtenir des composés aromatiques. Elle s'applique exclusivement à l'obtention des arômes naturels issus de matières premières elles aussi naturelles.

L'industrie des arômes s'est développée grâce au perfectionnement des méthodes d'extraction ; ces techniques sont reconsidérées en raison de la forte demande d'arômes naturels de la part des consommateurs et font donc l'objet de nouveaux développements. En effet en dix ans, les technologies d'extraction des substances aromatiques naturelles ont fait des avancées inattendues par la mise en œuvre de procédés basés sur de nouveaux solvants, de nouveaux transferts de technologie ou de pures innovations.

Avant l'extraction proprement dite, il existe une préparation de la matière dont est issu l'arôme. S'il s'agit de végétaux, la qualité de l'extraction peut être très variable en fonction de la récolte et plus particulièrement la précision temporelle de celle-ci dans l'année ainsi que dans la journée (selon le degré d'ensoleillement, d'humidité, de température…). Certain facteurs influençant l'extraction sont aussi prépondérants :

- la nature du végétal
- la partie du végétal utilisée (bourgeons, fleurs, bois…)
- l'action choisie : mécanique (hachage, broyage, copeaux…)
  chimique (dessiccation, macération…)

1. Distillation à la vapeur d'eau (DVE)

La distillation par entraînement à la vapeur d'eau est encore employée de nos jours mais elle ne peut être envisagée que pour des composés volatils présentant des phénomènes de « pseudo-solubilité ». Cette méthode peut être appliquée à l'extraction

des arômes à partir d'une matière végétale, animale ou d'un surnageant de culture microbienne. Cette technique comporte toutefois certains inconvénients majeurs : la haute température de fonctionnement (100-120°C) entraîne la destruction ou la modification d'un grand nombre de produits thermolabiles et la genèse d'artéfacts. Par ailleurs, lorsque l'on distille sous pression réduite pour faciliter l'entraînement de certains composés, l'amélioration du rendement d'extraction est réalisée au détriment de la qualité du produit. C'est pourquoi lorsque l'arôme n'est pas volatil, il convient de faire appel à d'autres techniques d'extraction.

Avantages	**Inconvénients**
- Evite la surchauffe du produit à extraire car seule la vapeur est en contact avec celui-ci. - Il n'y a pas d'hydrolyse ni de polymérisation pendant cette manipulation.	- Le végétal doit présenter une compacité uniforme et la garder tout au long de l'extraction. - Eviter les grosses granulométries (passage rapide de la vapeur d'eau) ou les trop fines (mauvaise répartition de la vapeur d'eau).

Par analogie, on distingue la distillation à l'eau où le produit est immergé dans l'eau chaude et non placé au-dessus :

Avantages	**Inconvénients**
- Utilisée pour des végétaux fragiles et friables. - Evite l'agglomération du produit.	- Procédé long. - Le végétal est en contact continuel avec l'eau (possibilité de réaction d'hydrolyse). - Procédé limité car il y a perte des produits lourds et des produits partiellement solubles dans l'eau.

Si la vapeur est asséchée, on a alors une distillation à la vapeur sèche :

Avantages	**Inconvénients**
- Méthode rapide, peu chère et plus rentable que la DVE. - Travail possible à des températures élevées (entraînement de constituants plus lourds).	- Risque de surchauffe du végétal (décomposition thermique de l'essence). - Risque de dessèchement du végétal (diminution du rendement).

2. Extraction par adsorption sur support

La technique d'adsorption de composés sur support approprié a largement été développée dans le cadre de la récupération d'arômes naturels produits par des microorganismes. Lorsque le composé recherché est responsable de l'inhibition du biocatalyseur, il est important de le séparer sélectivement du milieu. Dans ce cas, la méthode d'extraction est directement couplée à la culture de manière à piéger le produit au fur et à mesure de son apparition dans le milieu de culture. L'adsorption peut également être réalisée en fin de culture par passage du milieu de culture sur résine. Ces résines adsorbantes se décomposent en deux catégories :

- les polymères Chromosorb qui sont des résines polyaromatiques réticulées de structure rigide ; particulièrement efficaces pour des molécules ayant des points d'ébullition jusqu'à 250°C,

- les résines Amberlite qui peuvent être tout d'abord apolaires et alors employées dans le cas de composés non polaires ou des résines échangeuses d'anions qui permettent de retenir des composés ioniques.

3. Extraction par des solvants

L'efficacité d'extraction d'un solvant pour un produit est déterminée par un coefficient de partage. Il correspond au rapport entre la concentration dans l'extrait et celle dans le raffinat. Compte tenu de la spécificité de chaque solvant vis-à-vis de certains constituants, il est utile de bien choisir le solvant en fonction de ce composé mais également de la réglementation en vigueur.

a. L'extraction liquide/liquide

Ce type d'extraction peut combiner plusieurs techniques comme distillation sous vide, distillation moléculaire, chromatographie, extraction contre courant. Par exemple en chromatographie préparative, au lieu de travailler sur des caractéristiques physiques, on travaille sur des groupes fonctionnels. Ainsi, avec cette technique, lorsqu'une molécule d'arôme n'a pas d'affinité pour un solvant, on peut quand même la séparer (cette séparation se faisant à froid sur des résines spécifiques, les molécules sont ensuite éluées avec un solvant). Dans le cas de l'extraction contre courant, il s'agit d'un circuit en boucle où deux liquides non miscibles circulent en sens inverse au contact l'un de l'autre. La séparation est basée sur des constantes de solubilité, la molécule à extraire à une affinité pour l'un des liquides. Ainsi le produit dont on veut extraire la molécule d'arôme s'appauvrit en cette molécule alors que l'autre s'enrichit.

b. L'extraction *in situ* : système biphasique

Certains arômes ou précurseurs d'arômes présentent une faible solubilité dans l'eau et sont fréquemment toxiques pour les cellules qui les produisent. L'utilisation d'un système biphasique permet de résoudre le problème de solubilité des molécules et de lever l'inhibition du biocatalyseur par extraction en continu des produits avec un solvant

apolaire. Cependant, les solvants organiques, utilisés pour extraire *in situ* des arômes produits par un microorganisme doivent obéir à plusieurs contraintes, ils doivent être :

- sans effet toxique ou inhibiteur sur le microorganisme
- insolubles dans le milieu de fermentation et avoir une affinité suffisante vis-à-vis du métabolite recherché.
-

Avantages	**Inconvénients**
- Utile pour les végétaux fragiles dont l'essence ne peut-être obtenue. - Plus rentable que la DVE. - Fournit des fragrances plus proches de l'odeur du végétal. - Possibilité d'extraire des composants solubles dans l'eau.	- Lors de l'élimination du solvant, il est possible de perdre des produits assez volatils. - Une extraction poussée risque d'entraîner des composés indésirables.

D'autre part, le choix du solvant est primordial dans l'extraction à l'aide de solvants. En effet, il faut faire attention à plusieurs facteurs :

- sa pureté ou sa sélectivité (pour ne pas communiquer d'odeurs à l'extrait)
- sa température d'ébullition (pour conserver les notes de têtes des différents constituants odorants)
- son prix de revient
- la sécurité de sa manipulation
- ses qualités olfactives

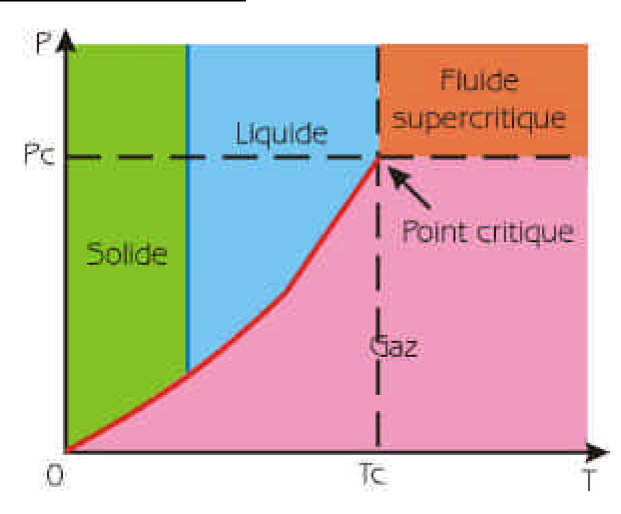
Malgré l'efficacité de certains solvants, les travaux d'extraction semblent s'orienter vers une substitution des solvants organiques. En effet, les nouvelles réglementations ainsi que la demande toujours croissante des consommateurs vis-à-vis des composés naturels favorisent le développement de techniques respectueuses de l'intégrité des composés aromatiques comme l'utilisation de fluides supercritiques dans le domaine des arômes.

4. Extraction par fluides supercritiques (FSC)

a. Définition

Les fluides supercritiques sont définis comme étant des gaz sous pression dont le pouvoir solvant est ajustable. Alors qu'ils peuvent se trouver sous la forme liquide et gazeuse à une température et à une pression inférieure à la température Tc (= température critique) et à la pression Pc (= pression critique), une seule phase existe lorsque la pression et la température sont supérieures à ces coordonnées : c'est l'état supercritique (figure 4) où le corps n'est ni liquide, ni gazeux.

Figure 4 : Les différents états d'une molécule.



b. Propriétés des fluides supercritiques

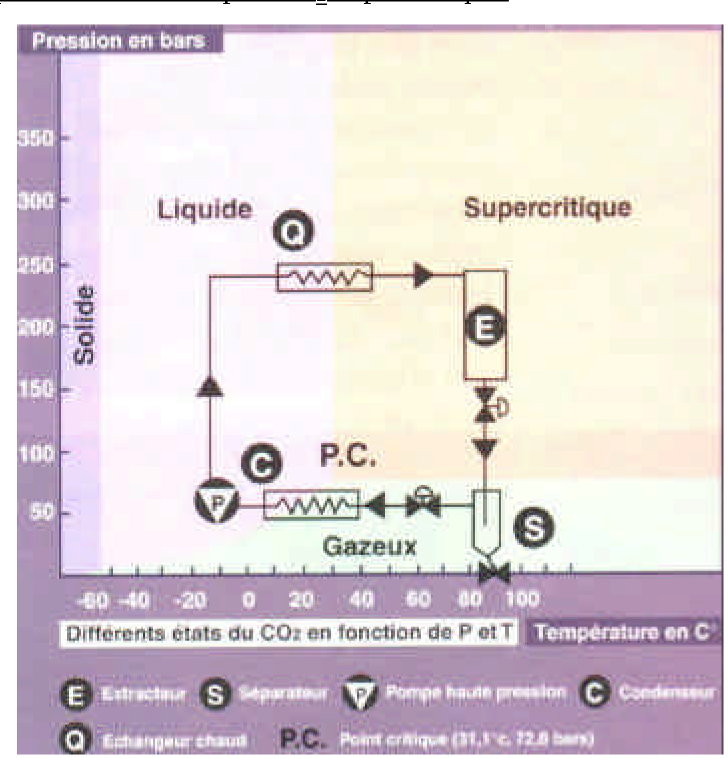
Une des propriétés fondamentales des FSC réside dans le fait que leurs constantes physiques sont intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz, ce qui permet de les utiliser comme solvant d'extraction.

c. L'extraction par CO_2 supercritique

Actuellement le fluide le plus utilisé est le CO_2 naturel, non toxique et peu coûteux. Il apparaît comme un solvant idéal car il présente des caractéristiques

parfaitement adaptées à l'usage industriel et aux nouvelles contraintes législatives. Le CO_2 supercritique permet d'extraire totalement ou sélectivement les composés peu polaires et de faible masse moléculaire. C'est une alternative à l'emploi d'hydrocarbures ou de solvants chlorés pour l'extraction directe à partir de matières liquides ou solides, mais également pour le fractionnement ou la purification d'extraits (figure 5). Le dioxyde de carbone est à l'état supercritique lorsqu'il est soumis à une température supérieure à 31°C et à une pression de plus de 74 bars.

Figure 5 : Le principe de l'extraction par CO_2 supercritique.



Cette méthode conduit à l'obtention d'extraits aromatiques de lilas, de roses sans transformation ni dégradation. Par ailleurs, de nombreux arômes comme la vanille, le romarin, le paprika ainsi que des substances aromatiques extraites de la sauge, de l'églantine par du CO_2 supercritique ont fait l'objet d'analyses sensorielles : les résultats obtenus par les panels de dégustation traduisent tous un bon rendement organoleptique.

Avantages	Inconvénients
- La capacité d'extraction est intéressante grâce à la facilité de pénétration de la matière supérieure à celle des solvants habituels. - Le CO_2 est bon marché, abondant, ininflammable et chimiquement inerte, - La pression et la température critique des solvants est peu élevée. - Les produits issus de cette technique sont de qualité alimentaire, - Le coût de séparation et d'extraction sont faibles. - Il n'y a pas d'altération liée à la chaleur. - Il n'y a pas d'hydrolyse. - Il n'y a pas de réaction avec les autres solvants.	- L'appareillage est coûteux. - Les nouveaux produits ne se substituent pas aux extraits classiques.

En conséquence, le CO_2 supercritique devrait permettre de satisfaire la demande croissante d'arômes naturels de « qualité supérieure ». En effet, plus qu'une technologie de pointe, l'extraction par CO_2 supercritique est une source de nouveaux ingrédients qui ne se substituent pas en général à des extraits classiques mais permettent d'imaginer des formules innovantes. Les industriels se voient proposer de nouvelles opportunités dans ce secteur et dans le même temps, de nouvelles contraintes réglementaires sur les extraits traditionnellement utilisés. Il reste fort à parier que les extraits CO_2 vont continuer à gagner des places dans un marché demandeur de naturel.

5. Extraction par des procédés membranaires

a. Extraction par filtration

L'ultrafiltration est un procédé physique de séparation par transfert de matière à travers une membrane à perméabilité sélective. La sélectivité de ces membranes est réalisée au niveau de la taille des particules.

b. La pervaporation

Les recherches récentes effectuées dans le domaine des arômes ont permis l'élaboration de ce procédé. Cette méthode est fondée sur le transport sélectif d'un mélange à travers une membrane dense constituée de polymères ou de composites, semi-perméable et non poreuse. La pervaporation est une technique empruntée à l'industrie chimique, elle présente une grande potentialité d'utilisation dans l'industrie de l'agroalimentaire en remplacement de techniques classiques moins performantes ou dénaturantes pour le produit.

Néanmoins, le transport pervaporatif est relativement lent et doit donc être délibérément limité à un seul étage du fonctionnement. La pervaporation entre en concurrence avec d'autres procédés de séparation (distillation, adsorption, filtration). De plus cette technique bien que sélective est très coûteuse.

Mais la pervaporation présente de nombreux avantages : adaptabilité du volume de production, faible encombrement, facilité de contrôle et d'utilisation.

Cette technique, en tout début de développement industriel, doit donc faire ses preuves. Ce que de récentes recherches tendent à montrer en révélant que face à la distillation, on obtient des résultats très compétitifs pour l'extraction de nombreux composés naturels.

c. La perstraction

Cette technique permet d'entraîner les substances ayant traversé la membrane en les récupérant dans un solvant convenablement choisi. Ceci peut se révéler très intéressant pour des produits peu volatils, car en mouillant la membrane, le solvant permet d'améliorer la diffusion des composés. L'inconvénient majeur de cette méthode est de récupérer l'arôme dilué dans le solvant.

d. Extraction liquide-liquide couplée à une membrane

Cette méthode peut être considérée comme une extraction liquide-liquide classique, mettant en jeu une membrane entre le solvant et la solution à traiter. Ce procédé a été mis au point pour palier au problème de choix du solvant.

6. Extraction par micro-ondes

Bien qu'efficaces, certaines méthodes ne résolvent pas tous les problèmes légaux d'innocuité ou de préservations des qualités aromatiques. Ainsi, les méthodes traditionnelles d'extraction conduisent souvent à des produits dégradés par la chaleur ou modifiés par les réactions secondaires avec les solvants d'extraction. C'est ainsi que l'industrie des arômes (et particulièrement la société Archimex) a étudié des extractions par chauffage rapide, faible et non destructif.

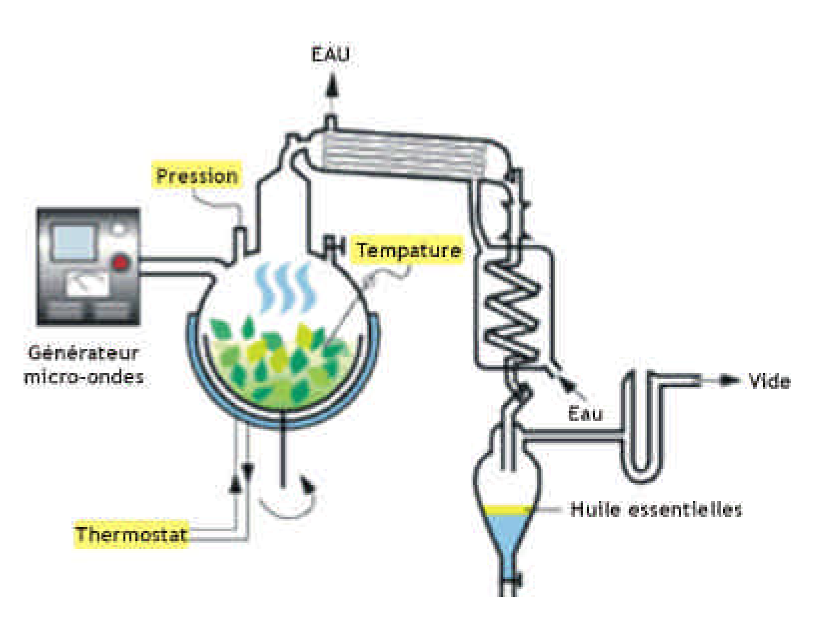
L'extraction par micro-ondes peut être réalisée selon deux voies :

- l'hydrodistillation par micro-ondes sous vide pulsé ou VMHD (vaccum microwave hydrodistillation),
- l'extraction avec solvant assistée par micro-ondes ou ESAM.

a. VMHD (vacuum microwave hydrodistillation) :

Le procédé VMHD consiste à extraire l'huile essentielle entraînée dans le mélange azéotropique formé avec la vapeur d'eau propre au produit traité (figure 6). Le produit traité est soumis aux micro-ondes, avec ou sans ajout d'eau (respectivement pour les produits secs ou humides). Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes et du vide appliqué de façon séquentielle, l'eau de constitution entre brutalement en ébullition.

Figure 6 : Principe de l'extraction VMHD.

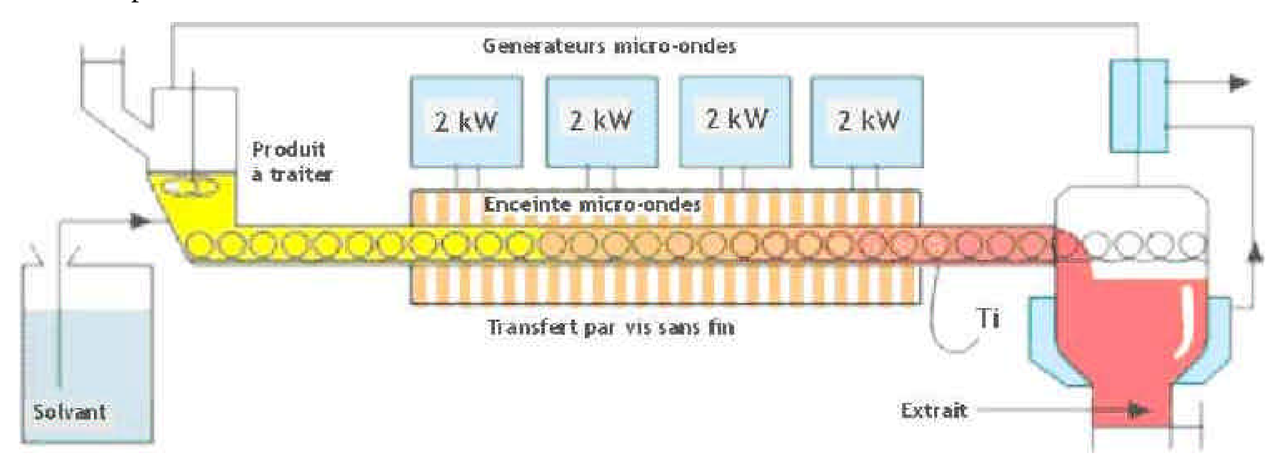


Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du produit, et l'huile essentielle est entraînée dans le mélange azéotropique formé avec la vapeur d'eau issue du produit traité. La séparation de l'huile essentielle est ensuite mise en oeuvre suivant les procédés classiquement utilisés. Ce procédé permet de réaliser une économie de temps et d'énergie. En effet l'extraction est cinq à six fois plus rapide que l'hydrodistillation L'énergie de chauffage est quant à elle utilisée pour le seul échauffement du produit et pour l'évaporation d'une partie de l'eau de combustion traitée.

b. ESAM

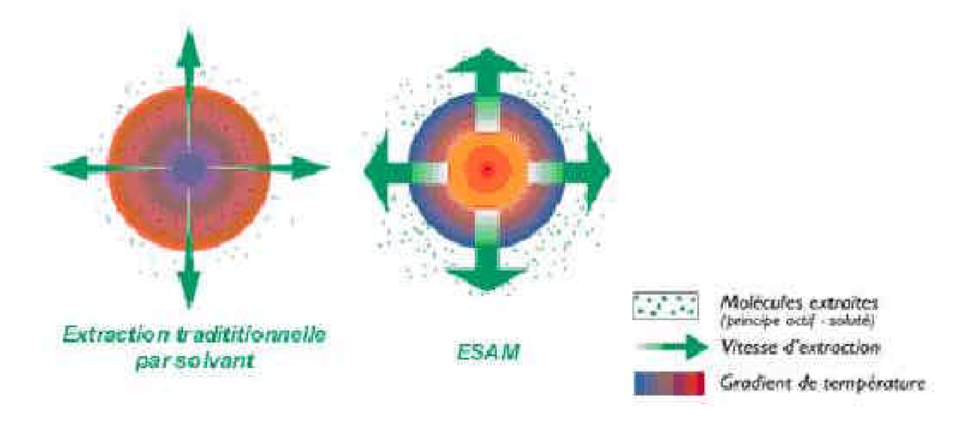
Un produit biologique (naturel) solide, sec ou humide est plongé dans un solvant transparent aux micro-ondes. L'eau contenue dans ce produit absorbe les micro-ondes pour les convertir en énergie thermique. Ce dégagement de chaleur a lieu dans la masse de la matière première, provoquant un gradient de température de l'intérieur vers l'extérieur du produit (gradient inversé par rapport au chauffage par conduction). Ce chauffage interne explique en grande partie l'extrême rapidité de la diffusion des molécules de l'intérieur vers l'extérieur du produit (une dizaine de secondes).

Figure 7 : Principe de l'extraction ESAM.



Ainsi, contrairement à l'extraction solide-liquide traditionnelle, le gradient de concentration du soluté entre la matière première et le solvant n'est plus le facteur limitant de l'extraction (figure 8). Par conséquent, la quantité de solvant nécessaire à l'extraction est réduite au minimum.

Figure 8 : Comparaison entre extraction traditionnelle et par ESAM.



Cette technologie permet d'accroître la vitesse d'extraction solide/liquide pour des procédés mettant en œuvre un solvant transparent aux micro-ondes (hydrocarbures, alcools, huiles naturelles…). Ce procédé se caractérise par une extraction rapide, une réduction des risques de dégradation des solutés thermolabiles et un faible encombrement de l'installation.

Au final, ces deux méthodes améliorent la qualité des extraits grâce à des températures de process peu élevées et apportent des économies de divers types : de temps, d'énergie, d'eau, de solvants.

7. Procédés « Flash-détente »

Ce nouveau procédé est utilisé pour la récupération d'arômes volatils directement à partir de solides (fruits, légumes). Comme première étape de traitement, il prévient toute oxydation et permet d'isoler les véritables arômes de fruits, et non de jus de fruits. Cette technique se décompose en deux étapes : la première correspondant au traitement thermique et la seconde à la détente sous vide immédiate. La chaleur exerce une action sur les transferts intercellulaires, facteur favorable à l'extraction des principes solubles vers les jus. La détente sous vide entraîne un refroidissement brutal de la matière, la chaleur sensible accumulée se transformant en chaleur latente de vaporisation (effet flash) ; elle est associée à une désaération qui limite tous les effets de dégradation ultérieure par l'oxygène. Cette technique, principalement utilisée dans le domaine des fruits et légumes, facilite l'extraction d'arômes habituellement présents dans les peaux des produits traités ou retenus dans les pulpes.

II. LES ARÔMES ET LES BIOTECHNOLOGIES

Les arômes sont formés dans les aliments naturels ou apprêtés selon :

- des processus enzymatiques et de fermentation
- des processus de brunissement non enzymatique (réaction de Maillard).

1. Fermentation et bioconversion

Ces réactions microbiologiques ont pour siège les constituants alimentaires fondamentaux. Les enzymes impliquées sont principalement des hydrolases et des isomérases à l'état naturel ou immobilisées sur des supports variés.
Les différents types de production in vitro (en laboratoire) sont les fermentations, les bioconversions, la production par culture de cellules végétales en croissance ou en phase de latence.

Les bactéries lactiques jouent un rôle important dans l'apparition de l'arôme ou de précurseurs d'arômes ainsi que dans la texture finale. Par intégration de certains éléments plasmidiques dans le chromosome, les souches transgéniques sont plus stables. En utilisant des souches dont le gêne codant pour certaines enzymes protéolytiques est amplifié, la production de composés aromatiques serait mieux contrôlée : par exemple, les enzymes accéléreraient l'affinage des fromages et modifieraient la cinétique de production des arômes.

Les modes classiques de production pour l'obtention d'arômes naturels ne s'avèrent plus assez performants face à la demande croissante des industries alimentaires. L'extraction à partir de matières premières naturelles présente de nombreux inconvénients : la production agricole est saisonnière et limitée ; la qualité des huiles essentielles varie en fonction de facteurs non maîtrisables (conditions climatiques et géographiques) et le prix de revient reste très élevé. La synthèse chimique, quant à elle, est mal perçue, car elle fournit notamment des composés artificiels pour lesquels les consommateurs ont une vision négative. Les arômes produits par les biotechnologies semblent être la réponse pour faire face à ces difficultés. Ils ont en effet l'avantage de bénéficier de la dénomination de substance naturelle. De plus la stéréospécificité de certains systèmes enzymatiques microbiens permet aisément d'accéder à des molécules optiquement actives, difficiles à obtenir par synthèse chimique. La multiplicité des espèces naturelles utilisables, la variabilité induite par le choix des procédés réalisés dans le domaine du génie génétique permettent de modifier les systèmes biologiques au niveau moléculaire ; il est désormais possible d'obtenir d'une part des microorganismes recombinés ayant des nouvelles propriétés métaboliques, d'autre part des enzymes

capables de surproduire certains arômes. Comme nous l'avons déjà vu précédemment, ces technologies ont un coût élévé.

Les levures sont utilisées dans l'alimentation depuis des temps très anciens ; elles participent à l'amélioration de la flaveur de nombreux produits comme la bière, le vin, le saké et le pain.

Il existe un très grand nombre de champignons filamenteux producteurs de substances à propriétés organoleptiques. Les plus étudiés pour la production d'arômes sont les basidiomycètes. Leurs enzymes sont très utilisées dans les procédés de bioconversion. En effet, ces champignons filamenteux possèdent des potentialités de biosynthèses très intéressantes concernant les composés à noyaux aromatiques.

Les molécules aromatiques produites par biotechnologie trouvent-elles leur place sur le marché où se disputent essentiellement arômes artificiels ou identiques au naturel, peu coûteux, et arômes naturels, plus onéreux ? Mais comment valoriser ces molécules, dont les procédés d'obtention sont peu rentables ?

Les arômes identiques au naturel sont formulés à partir de molécules synthétisées par voie chimique, mais identiques à des molécules qui existent dans la nature. Les arômes naturels sont des compositions de molécules naturelles obtenues par extraction-distillation, ou par biosynthèse.

Face à un consommateur très attaché au « naturel », on comprend que les sociétés productrices d'arômes misent sur de nouvelles molécules naturelles, en particulier à travers l'utilisation de la voie biotechnologique.

Il est parfois difficile de différencier la fermentation et la bioconversion. La fermentation est liée de façon globale au métabolisme primaire d'un microorganisme, alors que la bioconversion s'intéresse spécifiquement à la transformation d'une molécule en une autre, et peut être réalisée à l'aide d'enzymes isolées.

2. Les problèmes rencontrés dans ces modes de production et les solutions proposées

Ce type de production est très coûteux. De plus, la nature apporte de la variabilité dans la production de métabolites souhaités, qui reste donc difficilement maîtrisable. Dans le cas des procédés de fermentation, les facteurs de coût sont liés d'une part à la stérilité des matériels à utiliser et d'autre part à la durée des opérations, ainsi qu'à la teneur finale en molécules recherchées dans le bouillon de culture.

Dans le cas des bioconversions, le facteur stérilité ne se pose plus. Mais c'est généralement le coût des matières premières ou des agents de bioconversion (enzymes) qui s'avèrent être limitant.

Le coût de la main d'œuvre est lourd car les productions sont faibles par rapport au temps dépensé. Enfin l'isolement a un prix de revient très élevé. Dans ces conditions économiques défavorables, les sociétés ont néanmoins décidé de financer de nombreuses recherches. Pour des raisons stratégiques (molécule fondamentale pour sa gamme), le progrès réalisé permettra, à terme, à ces produits de devenir compétitifs.

Les capacités des bactéries à produire des substances à propriétés organoleptiques révèlent que les concentrations obtenues sont bien souvent inférieures à 100mg/L ; il s'avère donc indispensable de faire appel à l'amélioration des souches par mutagenèse.

Certains microorganismes doivent faire l'objet d'une demande d'homologation en tant qu'organisme GRAS (generally recognized as safe) avant toute utilisation industrielle à but commercial. L'obstacle majeur du développement d'une bioflaveur semble être le prix en bout de chaîne. Il est fortement dépendant du volume de production, lequel est souvent faible. Pour être rentable (les coûts moyens de la recherche avoisinant les 334 000 €) une molécule aromatisante devra être produite à un minimum de deux tonnes par an durant cinq ans au moins et être commercialisée à un prix de 53 €/kg, sans investissement supplémentaire. La mesure des modifications organoleptiques d'un aliment selon les souches microbiennes utilisées nécessite la mise en place de protocoles d'expérimentation assez lourds (associations entre différentes souches, profil sensoriel…).

3. Les principaux métabolismes liés à la production d'arômes

a. Métabolisme lipidique

De nombreux composés d'arômes de fruits, de végétaux, mais aussi des composés produits par les microorganismes, dérivent du métabolisme lipidique, en particulier des voies de biosynthèse et de dégradation des acides gras. La voie catabolique devient prépondérante au cours de la phase de mûrissement des fruits.

La biosynthèse de novo et la béta-oxydation des acides gras font intervenir différents intermédiaires qui vont donner naissance à différents composés comme des méthyl cétones, des alcools secondaires, des esters, des lactones. Les acides gras à plus longues chaînes sont précurseurs d'un certain nombre de composés volatils :

- les méthyl cétones sont caractéristiques des fromages à pâte persillée : heptanone-2, pentanone-2… Ces cétones sont formées par béta-oxydation des acides gras libérés par action des lipases à partir de la matière grasse du lait, suivie d'une décarboxylation des cétoacides intermédiaires. De faibles concentrations en méthyl cétones sont également trouvées dans le cheddar en absence de moisissures. Des méthyl cétones peuvent également être produites dans les salaisons. En effet, l'activité des microcoques libère des acides gras, siègent de nombreuses transformations dont des composés d'arôme.
- les alcools secondaires sont issus de la réduction des méthyl cétones. Les stéréoisomères développent généralement des flaveurs différentes.
- les esters sont des composés volatils (ex acétate d'éthyle caractéristique de la pomme). On sait aussi que des esters sont produits au cours de la fermentation alcoolique par les levures. La formation d'esters peut dans certains cas conduire à la production « off flavor » c'est le cas lors de la conservation du lait ou du beurre à basse température où le développement de *Pseudomonas fragi* conduit à un arôme fruité.
- les lactones sont des esters cycliques résultant de l'estérification d'un hydroxyle porté par la chaîne carbonée d'un hydroxy-acide. Ces composés peuvent se former selon trois voies principales : par voie thermique, à partir du métabolisme des acides gras et à partir du métabolisme des acides aminés.

Les acides gras à courte chaîne, linéaires ou ramifiés ainsi que leurs esters contribuent de façon importante au goût des aliments. Les acides gras à courte chaîne sont des composés aromatisants puissants qui fournissent des odeurs pénétrantes et plutôt aigres, qui ne sont agréables que lorsque les molécules sont très diluées. Leurs esters produisent des notes aromatiques sucrées et fruitées. L'importance des lactones dans le domaine de l'aromatisation alimentaire n'est plus à démontrer pour la formulation des arômes de fraise, de pêche, de framboise, d'abricot et de lait.

b. Métabolisme des acides aminés

- les acides aminés vont donner naissance à des aldéhydes : certains fruits sont capables de transformer spécifiquement des acides aminés en acides alpha-cétoniques, en composés carbonylés, en alcool ou en esters.
- les lactones, comme l'acide glutamique ou des composés qui lui sont liés, sont des précurseurs de la gamma-butyrolactone qui semble caractéristique de tous les produits fermentés. L'acide céto-2-glutarique peut également conduire à des lactones dont certaines ont été isolées du vin

Tableau 8 : Exemples de précurseurs et de molécules aromatiques

Type chimique de molécule aromatique	Produit naturel	Précurseur(s) ou voie(s) de formation
Méthylcétone	Fromages à pâte persillée/salaisons	Acides gras
Alcool secondaire	Différents fruits tropicaux	Méthylcétones et composés Hydroxylés
Ester	Nombreux fruits	Acyl-CoAet alcools
Lactone	Fruits dont abricot et pêche, viandes, lait, produits laitiers	Métabolisme des acides gras et des acides aminés
Aldéhyde	Pomme et tomates	Acides aminés
Terpéne	Agrumes, menthe et raisin muscat	Métabolisme de l'acide mévalonique

c. Biosynthèse des terpènes

Les composés terpéniques sont caractéristiques des huiles essentielles. On les trouve aussi dans un certain nombre d'agrumes, certains microorganismes sont à même de les synthétiser.

d. Réactions enzymatiques directes

Au cours du processus de maturation, on observe des dégradations plus ou moins importantes des structures, de telle sorte que les enzymes et leurs substrats peuvent se rencontrer et conduire à la formation de composés d'arômes. Les précurseurs dérivent du métabolisme des acides gras, des acides aminés et des glucides.

- Ainsi, l'hydrolyse enzymatique des sulfoxydes de cystéines conduisent à la formation de thiosulfinates ou à un acide sulfénique. Ces réactions interviennent principalement chez les plantes du genre allium. L'enzyme est l'allianase.
- Les crucifères sont caractérisés par la présence de thioglyosides qui sont hydrolysés par une beta-thioglycosidase. Après réarrangement la réaction conduit à un isothiocyanate. Dans certain cas la spécificité des enzymes peut être très large : on peut utiliser des enzymes extraites de microorganismes ou de plantes appartenant à la même famille botanique.
- Des aldéhydes sont fréquemment trouvés dans la fraction volatile de nombreux aliments. Ils sont formés par action de la lipooxygénase sur les acides gras polyinsaturés linoléique et linolénique. Ils sont aussi responsables des odeurs vertes. Enfin, ils sont aussi formés par autooxydation des acides gras insaturés dans les aliments riches en lipides, corps gras, lait…

e. Réactions enzymatiques indirectes

Les réactions que l'on peut rattacher à cette voie ont été mises en évidence lors de la fermentation du thé ou du tabac, mais aussi lors de la préparation de certains jus de fruits.

f. Synthèse de quelques composants hétérocycliques aromatiques

Les méthodes de synthèse en laboratoire sont tout simplement calquées sur le mode de formation des hétérocycles lors de la cuisson des aliments.
La sotolone confère une note brûlée ; elle est responsable de l'arôme du condiment « shoyu » par condensation de l'acide alpha-cétobutyrique avec l'acétaldéhyde ou le propionaldéhyde issus d'une dégradation des acides aminés correspondants.
La sotolone possède une puissante note de noix.

La diméthyl-3,5 trithiolane-1,2,4 est synthétisée en traitant l'acétaldéhyde par l'hydrogène sulfuré en présence de soufre et d'isobutylamine.
La méthyl-3 trithiane-1,2,4 est identifiée dans l'arôme de viande grillée.
La triméthyl-2,4,5 oxazoline-3 est un composant typique de l'arôme de bouillon de bœuf.
L'acétyl-4méthyl-2pyrimidine possède une note grillée.

III. LA FORMULATION D'ARÔMES

1. Les différentes possibilités de la formulation

Il est important de cibler préalablement le but de la manipulation et de distinguer quel type de formulation est à réaliser. En effet, lors de la création d'un arôme, plusieurs possibilités sont offertes à l'aromaticien.

a. L'innovation

Tout d'abord, le formulateur a la possibilité de créer un arôme innovant. C'est-à-dire qu'il ne se base pas sur un arôme déjà existant, mais il va inventer en totalité le produit. Ceci peut répondre à une demande particulière de la société, d'un client, ou encore à un désir de diversification de gamme. C'est une tâche purement créatrice, difficile, qui nécessite beaucoup de temps pour la réalisation.

b. Le contretype

Le contretype consiste en une duplication d'un produit déjà existant. En effet le formulateur essaie de reproduire un arôme, en général celui d'un concurrent. Les formules étant secrètes, il doit procéder à un certain nombre d'opérations préalables afin de déterminer quelle direction prendre dans le contretypage.

Tout d'abord l'aromaticien au niveau organoleptique analyse l'arôme en le « sniffant » et en le dégustant afin d'essayer de reconnaître les différentes molécules à la base du produit. Puis, il peut effectuer des analyses physico-chimiques sur l'arôme original comme des chromatographies pour tenter de déterminer qualitativement et quantitativement la composition du produit.

Une fois ces données en main, il peut commencer la formulation. Ainsi, après chaque essai, il compare sur le plan organoleptique les produits (par « sniffing » et dégustation)

jusqu'à obtenir l'arôme le plus proche possible de celui existant. C'est une méthode fréquemment utilisée, car elle présente moins de contraintes que l'innovation en terme de temps.

c. La modification

L'aromaticien a également la possibilité de modifier un arôme déjà existant afin de changer ou d'améliorer ses caractéristiques sensorielles comme le goût, l'odeur, la couleur. Il part ainsi de l'arôme de départ et il apporte certaines transformations en réponse à la demande qui lui a été faite.

d. L'adaptation

La formulation par adaptation est basée sur le même principe que la formulation par modification, mais vise essentiellement à corriger un arôme dans le but de l'adapter à une application particulière (comme par exemple adapter un arôme ananas destiné à l'application confiserie sucre cuit à un arôme ananas pour une application pâte à mâcher) ou à un changement de typicité (adapter un arôme fraise typé fraise cuite à un arôme fraise typé fraise des bois).

2. Les étapes de formulation

a. Point de départ

Tout d'abord, il est indispensable de cibler le but de la manipulation et de distinguer quel type de formulation l'aromaticien doit réaliser. Il s'agit donc ici de cibler un contretypage, une innovation…

b. Les ingrédients

Les ingrédients utilisés pour la formulation d'arômes sont :

- Les supports, solvants, additifs
- Les substances aromatisantes
    - Naturelles
    - Identiques nature
    - Artificielles
    - Les préparations aromatisantes
    - Les arômes de Maillard
    - Les arômes de fumée

c. Les règles à suivre

La formulation demande, au-delà de la créativité, de la rigueur envers certaines règles pratiques.

- Le choix des solvants

Il faut en effet éviter les mélanges tout en choisissant un solvant dans lequel les molécules sont solubles. De plus, si l'arôme est élaboré en vue d'une application particulière, il est important que le solvant soit miscible et en adéquation avec le produit dans lequel il va être appliqué.

- Le choix des substances aromatisantes

Le choix doit aussi être judicieux là encore, en fonction des applications probables, et donc des législations qui y sont appliquées. Mais, il doit également être en adéquation avec les synergies susceptibles d'exister entre certaines molécules, ou entre molécules et solvants. En effet, certains facteurs comme le temps, la température, le pH (de nombreux facteurs physico-chimiques) peuvent amener les molécules à interagir

entre elles, si bien que l'aspect, la texture, l'odeur et/ou le goût du produit peuvent être modofiés.

- Tenir compte des « notes »

En effet, les composés ont des notes différentes, dues à la différence de volatilité des substances mises en jeu. On distingue :

  - Les notes de tête, qui sont les premières diffusées
  - Les notes de cœur, qui arrivent après les notes de tête
  - Les notes de fond, généralement dues à des composés lourds, qui assurent la persistance olfactive et gustative des produits

- Faire preuve de simplicité

d. Le mode opératoire

- Dilution des matières premières

Le profil d'un arôme pouvant varier selon de très petites quantités de matières premières, il est préférable d'effectuer sa formulation à partir de molécule diluée (suivant le support choisi). Ceci permet de travailler avec plus de précision et de finesse, et d'utiliser moins de matières premières qui à l'état pur peuvent être très onéreuses.

- Evaluation des matières premières

Avant de commencer à mélanger les différentes molécules, il est important d'évaluer chaque matière première, par voie nasale et par voie rétronasale. Ainsi, on peut distinguer quelles notes et quelle longueur en bouche cette matière première va pouvoir apporter.

- Formulation / Pesée

Une fois ces deux étapes réalisées, la formulation peut commencer.
Celle-ci se fait soit par bouquets, soit par molécule, selon le formulateur.

- Formulation par bouquets

Cette méthode consiste à séparer l'ensemble de molécules en bouquets, c'est-à-dire à les regrouper par notes (molécules de tête ensembles, molécules de cœur ensembles et molécules de fond ensembles), ou par thèmes (par exemple pour une formulation cola, on peut séparer les notes balsamiques, les notes vanillées et les notes épicées). Ainsi, les bouquets sont formulés séparément, en notant les quantités de chaque molécule, et une fois qu'ils nous semblent bien équilibrés, ils sont mélangés entre eux.

- Formulation par molécule

Le formulateur pourra préférer peser directement toutes les molécules ensembles, une par une, sans essayer de les associer par groupes.

e. L'évaluation

Après chaque essai, il faut évaluer l'arôme pesé. Tout d'abord olfactivement, puis gustativement, dans de l'eau plate, de l'eau salée, de l'eau sucrée, dans du lait… Ceci en fonction de l'arôme (arôme salé ou sucré) ou de son application. Cette évaluation permet d'ajuster ou de corriger la formulation effectuée. Les étapes de formulation / pesée et d'évaluation sont à répéter autant de fois qu'il est nécessaire, pour l'obtention du produit désiré.

f. L'application

Des essais d'application en laboratoire peuvent être effectués si nécessaire pour vérifier la bonne adéquation de l'arôme dans le produit fini. Encore une fois, si le résultat de l'application n'est pas celui souhaité, il faudra répéter les étapes précédentes.

g. Le calcul du prix de revient

Une fois l'arôme terminé, il faut calculer son coût de revient. Tout d'abord, le coût de l'arôme (prix de l'arôme en lui-même selon une certaine quantité), puis éventuellement son coût aromatique (coût de l'arôme dans une application donnée).
Ceci se fait à partir du prix des molécules de départ, du prix des solvants, des supports, des quantités de chaque mises en jeu, sans oublier de tenir compte des dilutions.

IV. TRANSPORT ET EMBALLAGE

Les arômes sont commercialisés sous différentes formes selon l'application que l'utilisateur veut en faire. On distingue alors deux types de présentations : les arômes liquides et les arômes en poudre (la granulométrie étant plus ou moins importante).
Cette partie devait s'appuyer sur un questionnaire envoyé aux producteurs (cf annexe 4). Cependant, le taux de réponse n'étant pas satisfaisant, ces résultats n'ont pas pu être traités.

1. Les contenants

Selon la nature de l'arôme, on distingue différents types d'emballages pouvant transporter les arômes. Ainsi, pour les arômes en poudre ou sous forme liquide, les conditionnements sont très variés. Il existe les sachets ou sacs simple couche mais aussi multicouches ainsi que les pots en verre ou en matières plastiques. Ces emballages sont le plus souvent opaques afin que l'altération provoquée par la lumière (surtout solaire) soit limitée au maximum.

2. Les emballages fonctionnels

Ces emballages sont utilisés pour les arômes car ils permettent de les présenter à leur utilisateur en minimisant les contraintes de mise en œuvre. De plus, ils sont

considérés depuis quelques années comme des agents apportant aux arômes certaines propriétés dont les industriels sont friands pour des raisons d'innovation et d'atout marketing.

a. Les formes classiques

Ce sont celles qui sont été employées les premières. Elles utilisent des technologies aujourd'hui maîtrisées et jouent principalement un rôle de vecteur (transporteur) des arômes.

On trouve entre autres les arômes :

- sur solvant : éthanol, triacétine, sirop de glucose…
- sous forme d'émulsion : la phase aqueuse étant le plus souvent à base de gommes émulsifiantes
- sous forme de poudre par adsorption : sur des sucres, des sels, des celluloses…

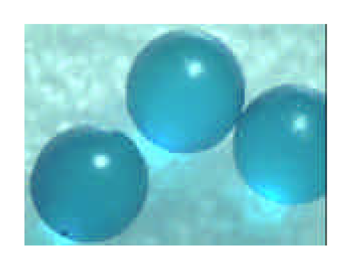
b. Les formes encapsulées

Les arômes encapsulés prennent une part de plus en plus importante dans le monde des arômes. En effet, ils apportent à leurs fabricants ainsi qu'à leurs utilisateurs des atouts indéniables.

L'encapsulation est une technique qui permet d'isoler des substances chimiques (en l'occurrence des arômes) à l'aide d'un agent d'enrobage ou support d'arôme. On distingue alors plusieurs types d'arômes encapsulés selon la méthode et/ou l'agent d'enrobage utilisé. Ils se présentent sous différentes formes :

- poudres (atomisée, encapsulée, agglomérée, enrobée),
- granulés,
- paillettes,
- capsules (figure 9).

Figure 9 : Arômes sous forme de capsules.



L'agent d'enrobage va certes définir la forme finale de l'arôme, mais il va lui procurer aussi certaines propriétés :

- filmogènes : l'aptitude à former un film attribue à ces supports une fonction « barrière » aux molécules aromatiques mais aussi à l'eau, l'oxygène ou la lumière,
- émulsifiantes : meilleure répartition des arômes à encapsuler (sélection de la gomme),
- absorbantes (réduction de la volatilité des arômes),
- de pouvoir antioxydant (gomme arabique, DE (dextrose équivalent) élevé,…),
- protectrices (cyclodextrines…),
- de facilité de mise en œuvre (aptitude à s'intégrer dans le procédé de fabrication).

Voici quelques exemples d'agents d'encapsulation (cf tableau 9) ainsi que les intérêts qu'il possèdent pour l'industrie agroalimentaire :

Tableau 9 : Intérêt des agents d'encapsulation

Agent d'encapsulation	**Intérêts**
Sirop de glucose (DE>20)	Filmogène
Maltodextrine	Filmogène
Amidons modifiés	Très bon émulsifiant
Protéines laitières	Bon émulsifiant
Gomme arabique	Emulsifiant, filmogène
Cellulose modifiées	Filmogène
Gélatine	Emulsifiant, filmogène
Silices précipitées	Bon adsorbant mais limitation législative
Cyclodextrines	Encapsulant, émulsifiant
Lécithines	Emulsifiant
Matières grasses hydrogénées	Barrière à l'oxygène et à l'eau
Cires	Barrière à l'oxygène et à l'eau

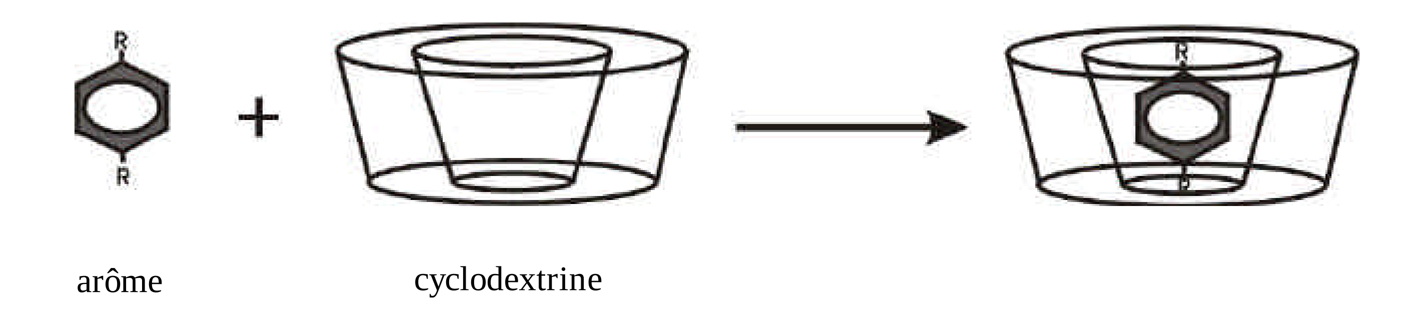
Cette technologie qui est en développement dans l'univers de l'agroalimentaire possède des avantages et des inconvénients cités dans le tableau ci-dessous :

Avantages	Inconvénients
- Aisance pour le transport des substances. - Adaptée aux molécules instables ou facilement oxydables. - Adapté aux molécules de faible poids moléculaire (<150 Dalton) qui sont en général volatiles. - Facilite l'utilisation des arômes - Libération contrôlée des arômes en bouche ou dans le produit pour lequel ils sont destinés.	- Les moyens technologiques nécessaires sont importants et coûteux. - Il faut bien maîtriser les paramètres propres au procédé, au support d'enrobage et à l'arôme lors de l'encapsulation (exemple : atomisation, encapsulation par cyclodextrines,…).

Ces quelques formes d'encapsulation regroupent deux sous-ensembles à propos desquels il est intéressant de porter attention. En effet, toutes ces méthodes isolent des arômes. Seulement, les arômes sont soit des mélanges complexes de molécules de natures chimiques variées aux propriétés odorantes, soit des substances pures, c'est-à-dire composées d'un seul et même type de molécule.

Ainsi, seule l'encapsulation à l'aide des cyclodextrines permet d'isoler les arômes au niveau moléculaire, les autres ne faisant qu'enrober des gouttelettes de mélange odorants. Le phénomène est décrit dans le schéma suivant :

Figure 10 : Encapsulation par les cyclodextrines



PARTIE IV :VEILLE

La formulation s'effectue donc en fonction de la législation sur les arômes ainsi que celle de l'aliment. On sait qu'il faut tenir compte des problèmes d'allergologie, de toxicologie mais aussi des contraintes technologiques, à la fois pour la fabrication de l'arôme mais et surtout en fonction de l'application finale et du process utilisé.

Nous savons que nous n'avons pas de dégustateur commun, il faut donc prendre en compte la perception de chacun et essayer de satisfaire le plus de personnes possibles. Il faut également essayer d'adopter un langage commun entre les différents intervenants et l'aromaticien pour être sûr de parler des mêmes choses et d'interpréter correctement une demande. La création du synthétiseur d'arômes virtuels (VAS) rentre dans le cadre d'étude de la société suisse Givaudan sur les différents facteurs jouant un rôle dans la configuration matricielle d'un produit alimentaire ou d'une boisson et susceptibles d'influencer la perception de son arôme.

I. LE SYNTHETISEUR D'ARÔMES VIRTUELS (VAS)

1. Principe et avantages

Cet outil de création, unique en son genre, représente un immense progrès. Il offre à l'aromaticien et à son client la possibilité de dynamiser leur créativité. Il permet de créer numériquement et de changer un arôme avec la précision des matériels d'analyse, couplés avec la perception humaine. Il remplace des dizaines d'essais de paillasse par une simple manipulation sur ordinateur réduisant ainsi le temps d'expérimentation. Cet appareil basé sur un système informatique a reçu le prix du « Technological Breakthrough of the year » lors du 29e Fragrance Foundation Awards aux Etats-unis.

2. Fonctionnement

Le VAS réalise et évalue des centaines de compositions en travaillant uniquement sur les notes de tête des arômes permettant d'obtenir instantanément le résultat des tests.

Cet appareil permet de faire passer, sur plusieurs flacons contenant des molécules aromatiques, un gaz neutre à un taux très particulier pour obtenir la sensation de l'odeur olfactive du mélange ainsi réalisé. Il permet donc de produire des vapeurs à partir de plus d'une vingtaine d'échantillons qui vont être mélangés et livrés au client sous forme d'arômes. Le VAS est constitué de deux chambres de mélange, supérieure et inférieure, chacune alimentée par une entrée d'air. Ces chambres se partagent les vingt flacons contenant les arômes et les matrices. La sortie est pourvue d'un seul orifice d'olfaction. On modifie le profil sensoriel en faisant varier les différents blocs. L'opération ne prend que 20 secondes et permet de travailler en temps réel en présence de l'utilisateur, afin d'ajuster le mélange à sa demande.

Lorsque l'odeur recherchée est obtenue, elle est transformée en une formule aromatique grâce à un autre programme informatique. Cet arôme sera adapté à son utilisation finale grâce au « flavour performance programme » de Givaudan comprenant une base de données, résultat de vingt années d'analyses d'interactions entre composants spécifiques dans une multitude d'aliments. Si l'utilisateur veut un rendu plus fruité par exemple, l'ajustement se fait en quelques secondes par ordinateur sans aucun recours à des mélanges car le VAS mesure la vitesse de flux de chaque ingrédient mélangé et par conséquent, peut calculer la fraction molaire en phase vapeur. L'aromaticien peut ainsi créer, évaluer, et faire les changements désirés instantanément.

3. Applications

A court terme on devrait utiliser le VAS à distance par liaison informatique classique qui permettra aux clients de créer leurs arômes sur place avec l'aide d'un aromaticien. L'appareil est déjà testé dans certains produits alimentaires comme pour

l'amélioration de la croûte de la pâte à pizza, ou pour apporter un goût de fromage à des chips, ou pour faire une version casher de sucres cuits.

II. LE NEZ ELECTRONIQUE

1. Principe

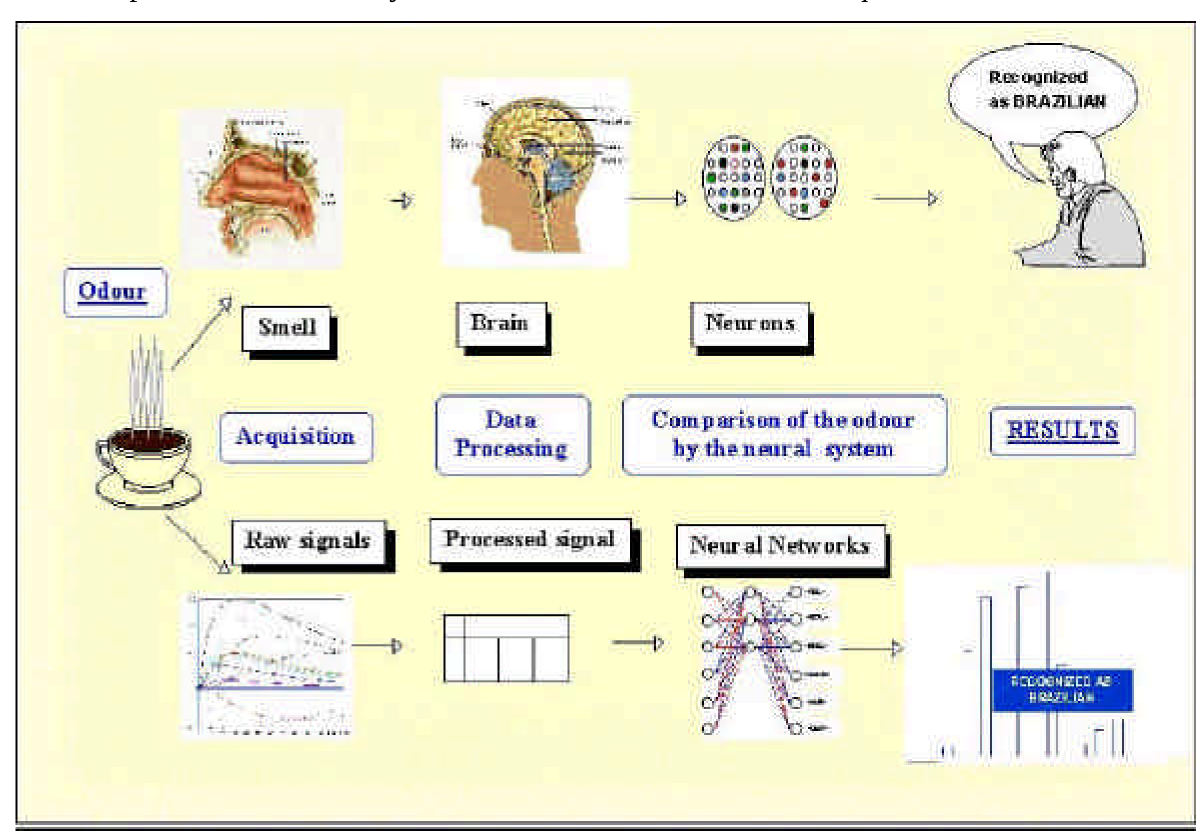
Des cinq sens l'odorat a toujours été le plus difficile à cerner car les règles précises de l'olfaction humaine sont encore peu connues notamment à cause de la subjectivité inhérente à la perception de l'odeur. On sait que la sensation olfactive est générée par l'interaction des molécules volatiles (passant facilement en phase vapeur à température ambiante) du mélange gazeux avec les réseaux de neurorécepteurs situés dans le nez. Si ces molécules sont reconnues par les neurorécepteurs, un influx nerveux est transmis au cerveau via le bulbe olfactif qui décode l'image formée et l'associe à une odeur. Ce sont ces composés volatils (arômes, flaveurs parasites) qui confèrent son odeur à un produit et qui sont le reflet de sa qualité et de ses caractéristiques, d'où une demande croissante de l'industrie alimentaire pour un contrôle qualité rapide. A l'heure actuelle cette tâche est partagée entre l'analyse sensorielle et les analyses instrumentales. L'une implique un panel humain où le jugement individuel inclura toujours une part d'appréciation personnelle et les dernières sont basées sur des chromatographies en phase gazeuse qui sont des méthodes longues nécessitant un personnel spécialisé. Le nez électronique constitue donc une alternative séduisante aux méthodes traditionnelles de contrôle qualité. Il a l'avantage de donner une mesure organoleptique plus objective qu'un panel humain. Les mesures obtenues sont reproductibles, faciles à interpréter et rapides.

Les nez électroniques ont été principalement développés par la société Alpha Mos créée en 1992 qui est devenue le leader mondial de leur fabrication et spécialiste de la numérisation de l'odeur et du goût. Les prix de ces appareils oscillent entre 30500 et 79275 euros. Près de 250 nez sont installés dans les laboratoires des principaux

industriels agroalimentaires et des organismes publics. Beaucoup de grands groupes industriels qui utilisaient déjà les nez artificiels dans leurs centres de R&D, comme Danone, Nestlé, Mc Cormick, L'Oréal, Moët& Chandon ou encore Unilever ont validé cette technologie au niveau de leur usine.

Le nez électronique a donc été conçu pour analyser et reconnaître objectivement l'intensité globale des composés volatils. Il identifie des substances chimiques volatiles à des concentrations très faibles (au milliardième, ou ppb). Il signale les écarts par rapport à des standards de qualité prédéfinis. Seulement, comme c'est une machine, il faut lui apprendre à sentir les produits grâce à un panel d'experts par exemple, la base de données est donc acquise par apprentissage. Comme l'odorat humain, il améliore ses capacités au fur et à mesure de son utilisation. C'est donc l'utilisateur qui va calibrer l'appareil et qui va fixer les seuils d'acceptation du produit analysé. Le nez électronique va donc corréler la perception humaine, c'est à dire l'étalonnage qu'on lui a intégré, et l'analyse par des systèmes de programmation mathématique.

Figure 11 : Comparaison entre l'analyse humaine et celle du nez électronique



2. Fonctionnement

Un nez électronique est généralement composé d'un système de détection des molécules odorantes, qui peut-être des réseaux de capteurs gaz ou de la spectrographie de masse, couplé à un système de traitement statistique (analyse de données ou réseaux de neurones pour l'entraînement du système quand il y a reconnaissance d'une odeur inconnue qu'il faut classer par rapport à un référentiel). Globalement sa technologie est basée sur l'absorption et la désorption (passage à travers) de substances chimiques volatiles.

On peut considérer que la reconnaissance olfactive se réalise en plusieurs étapes : tout d'abord le chauffage pendant un temps défini va générer l'odeur. Cette phase gazeuse sera prélevée puis transférée à un système de détection qui réagit à la présence de diverses molécules. La différence de réaction des capteurs est enregistrée à l'aide de modèles statistiques permettant de classifier les odeurs.

Au niveau de la création de l'empreinte digitale de l'odeur on distingue trois étapes :

- Préparation de l'échantillon
- Principe de détection
- Analyse des données et classification

- ***La préparation de l'échantillon*** qui consiste à le faire chauffer pendant un temps donné et à une température précise. L'espace de tête de l'échantillon à analyser est injecté dans un flux de gaz vecteur (air pur) qui est diffusé dans les chambres contenant le système de détection et qui correspond au coeur du système.
- ***Principe de détection*** qui existe sous deux technologies, les capteurs à gaz et la spectrométrie de masse.

- **Les capteurs à gaz :**

Les nez électroniques combinent une série unique de capteurs électrochimiques. Les molécules odorantes ne sont pas sélectionnées dans le mélange. Les capteurs peuvent répondre à toutes les molécules odorantes du mélange. L'ensemble des réponses de chaque capteur du réseau est caractéristique du mélange. La réponse de ces capteurs aux composés gazeux n'est pas spécifique.

Il existe plusieurs catégories de capteurs :

- Les oxydes métalliques (semi conducteur inorganique) : utilisés à de très hautes températures (400°C). Les molécules volatiles réagissent avec la surface sensible du capteur modifiant ainsi leur résistance. Ce sont les capteurs le plus souvent utilisés dans la technologie du nez électronique. Ils sont peu sensibles à l'eau.

- Les polymères conducteurs sont faits de pyrrole, indole ou dérivés de matériaux similaires, électro-chimiquement déposés sur un substrat de silicone. Ils ont tendance à gonfler en présence de composés volatils et changent ainsi de résistance. Les polymères conducteurs réagissent à la polarité des molécules. Les polymères conducteurs s'utilisent à la température ambiante et entraînent des réactions rapidement réversibles qui conduisent à de rapides discriminations. Un de leur caractère indésirable est leur interférence avec l'humidité. Ils sont également trois fois moins sensibles que les oxydes métalliques. Leur dérive et leur instabilité sont une conséquence de leur nature organique.

- Les capteurs piezo électriques (ou quartz cristal microbalance) sont rendus sensibles aux molécules gazeuses par le dépôt d'un film actif de polymères. La fréquence de vibration du capteur change à mesure que les arômes s'adsorbent à la surface du polymère, changeant sa masse, et par conséquent sa fréquence. La qualité de ce capteur dépend de son interface organique. Comme tous les capteurs, c'est le matériau dont il est constitué qui déterminera sa durée de vie et ses caractères généraux.



Photo 1

Le principe de détection est donc basé sur une différence dans la résistance électrique de chaque capteur ou

sur un changement de fréquence de celui-ci en présence de composés volatils. En présence du seul air pur, la résistance des capteurs montre une valeur constante, mais lorsque l'odeur vient en contact avec la surface du capteur, la résistance change, puis retourne à sa valeur initiale une fois que tous les volatils ont quitté les chambres de capteurs. Cela permet d'enregistrer une empreinte électronique d'odeur qui sera traité par des méthodes statistiques ou des réseaux de neurones.


Photo 2

Il faut savoir que la gamme des nez électroniques d'Alpha Mos s'est diversifiée, au départ ils se basaient sur la technologie des capteurs à gaz. Le système fox (*photo 1*) intégrait 6, 12, ou 18 capteurs à gaz, répartis dans deux chambres. De plus en plus la technologie a évolué vers la miniaturisation des capteurs d'oxyde métallique qui permettra d'obtenir la future génération des portables. Déjà, des systèmes comme le centauri (Alpha Mos) n'utilisent plus de Pc externe. Afin d'aller plus loin dans le domaine analytique depuis deux ans se sont développés des nez électroniques comme le promothéus *(photo 2*) qui associe la spectrométrie de masse.

- **La spectrométrie de masse**

Comme pour la technologie des capteurs de gaz la spectrométrie fonctionne sur l'espace de tête de l'échantillon. Dans la spectrométrie de masse par empreinte, l'odeur entre dans le module quadrupôle sans séparation car on ne veut pas analyser un composé pur unique comme il est coutume. Le spectromètre de masse comprend une source ionique nécessaire à créer une phase ionique gazeuse, un analyseur sélectif de masses pour séparer les ions en fonction de leur masse, et un détecteur d'ions pour mesurer la quantité d'ions correspondant à chaque masse. Pour détecter les molécules, le spectromètre de masse utilise la différence entre les masses des atomes ou des molécules ionisées afin de les séparer les unes des autres. Par conséquent elle est utile quand il s'agit de quantifier des molécules. Les molécules ont toutes des modèles de fragmentation

distincts qui leur confèrent une information structurelle unique. En une minute on obtient l'empreinte du produit.

- ***Analyse des données et classification*** :

Ce sont les variations électriques engendrées par le capteur combiné à la concentration absorbée et à la nature de l'odeur qui constitue le signal de sortie. Les acquisitions fournies par les échantillons sont stockées dans des bases de données (phase d'apprentissage) et l'analyse statistique multi variée permet la classification, l'identification des produits. Le nez peut donc donner une réponse simple comme reconnu, bon ou mauvais ou une réponse plus sophistiquée comme la concentration d'une molécule ou l'intensité d'une odeur.

3. Applications

Le nez électronique trouve de nombreuses applications dans le contrôle qualité au niveau de la conception du produit, que ce soit pour le refus ou l'acceptation des matières premières, ou encore pour déterminer l'existence d'un défaut de fabrication dans un procédé ou un produit fini. Cette technologie est utilisée par un nombre croissant d'industries pour des applications diverses :

- **Contrôle des matières premières :**

Des entreprises comme Moët&Chandon utilise le nez électronique avec ses fournisseurs de sucre. Cette application concerne des produits comme les céréales, le café, le chocolat, les fèves de cacao. Ce contrôle permet de faire des corrélations entre les concurrents.

- **Appréciation de la maturité**

L'un des grands problèmes des industries de transformation des fruits est la détermination systématique de leur maturation durant et après la récolte. La différence de maturité peut être considérée comme une marque de mauvaise qualité. Un nez électronique a été crée pour les industries pour savoir si un fruit est mûr ou non grâce bien sûr, à son odeur. Une fois testé sur un fruit, le nez fournit des résultats en quelques secondes avec un taux de précision de plus de 92%.

- **La différenciation des vins** :

C'est encore le sommelier qui décide ce qui est bon ou non mais on est loin de l'objectivité. Un nez a été crée pour simuler le test de l'odeur pendant une dégustation. Il ne sert qu'à renforcer les capacités du nez et du palais et peut aider à surveiller la qualité des vins. Il décèle les différences entre les cépages antiques et actuels. Les nez utilisés dans ce domaine utilisent des réseaux neuronaux qui ont été programmés à partir des arômes que les experts avaient identifiés. On sait que la technologie du promotheus possède des capteurs très sensibles a l'éthanol offrant ainsi un énorme avantage dans le domaine des vins.

- **Contrôle de la fraîcheur de produits :**

L'université de la Rochelle s'est équipée d'un nez artificiel pour effectuer des mesures directement sur les poissons mis en vente à la criée, ceci dans le but de mettre en place un label confirmant la qualité du poisson directement sur le site de production. Les producteurs sont intéressés pour ce type de label afin d'attirer des acheteurs à distance opérant, par exemple, par internet. Dans cette situation, le nez électronique pouvait être combiné avec une caméra. De plus, le besoin d'analyses rapides pour garantir des labels de qualité pour des produits frais s'affirme de plus en plus.

- **Emballages, migration de l'arôme**

Danone dispose de deux appareils pour ce type d'application. On peut par exemple contrôler les billes de plastique en les chauffant ; ceci permet de contrôler les interactions contenu-contenant. Ainsi on détectera un emballage plastique mal odorant avant la livraison client.

- **Origines de produits finis :** gélatine de boeuf et de porc, de l'huile d'olive du café
- **Conduite de procédés :** mélanges, aromatisation, fermentation
- **Surveillance de cuisson ou de torréfaction**
- **Contrôle de la contamination de la viande**

Le ministère américain de l'agriculture (USDA) a validé le nez électronique d'Alpha Mos dans l'identification rapide de contaminations bactériennes dans les chairs de volaille. Le but était de différencier les différentes qualités de volaille à travers notamment leur fraîcheur ceci afin de construire une banque de données. Grâce à ses

connaissances des odeurs dégagées par chaque bactérie pathogène, le nez électronique distingue la salmonelle, la listéria, E.Coli et peut même les quantifier indiquant ainsi une forte ou faible contamination.

Le nez électronique peut aussi, par exemple, contrôler la qualité de la viande de porc car aujourd'hui la castration des jeunes porcs se fait selon les pays. Seulement les jeunes porcs sécrètent deux hormones qui affectent la viande d'une odeur désagréable. Les traitements ne sont pas suffisants et le nez électronique peut reconnaître l'odeur de ces hormones.

En caractérisant un produit par son odeur, les nez électroniques permettent de conclure sur sa nature, son origine ou sa qualité.

III. LA LANGUE ELECTRONIQUE

1. Principe

Cette nouvelle technologie correspond à une extension du nez électronique.

La qualité organoleptique des produits alimentaires et des boissons dépend à la fois des odeurs et du goût. La langue permet de mesurer les molécules non volatiles et les composés organiques dissous. Le principe reste le même que le nez électronique, à la différence près que le système analyse la matrice liquide et non gazeuse. Les capteurs sont directement plongés dans le liquide.

La langue électronique, qui a fait son apparition en 2000, permet de mieux caractériser les produits liquides en prenant en compte leurs caractéristiques de goût : sucré, amer, salé ou acide. Il apporte une réponse complémentaire au nez et permet d'assister les panels humains en cas d'applications difficiles comme un goût trop intense ou des problèmes liés à la fatigue.

2. Fonctionnement

La langue d'Alpha Mos (*photo3*) est constituée d'un plateau circulaire garni de verres, relié à un ordinateur. Pour tester un liquide son bras robotisé trempe directement dans chaque verre plusieurs fibres sur lesquelles existent des capteurs non spécifiques électrochimiques avec des membranes particulières. Chaque capteur réagit à chaque liquide selon sa sensibilité. En analysant les réponses de tous les capteurs, un logiciel restitue sur un écran l'empreinte gustative. Il ne reste qu'à comparer l'empreinte au produit de référence pour savoir si la bière est trop amère ou le sirop trop acide.


Photo 3

Cette technique élimine toute la phase de préparation de l'échantillon.

3. Applications

Sa principale application concerne l'industrie des boissons où elle a fait ses preuves dans l'origine ou le vieillissement de jus de fruits et légumes, dans l'amertume des bières, ou le contrôle de liqueurs, sodas, ou soupes.

Elle peut être utilisée pour quantifier un élément comme le taux de caféine d'un café ou rechercher son lieu de production ou son niveau de contamination (toxines, moisissures). Elle peut détecter de faibles concentrations d'impuretés dans l'eau ou encore distinguer deux cabernets sauvignon de châteaux différents.

Elle sert aussi dans le domaine de l'emballage, comme par exemple, pour repérer les goûts de plastique des bouchons polyéthylènes destinées au bouchage des bouteilles d'eau.

On peut facilement envisager une croissance rapide de l'utilisation de cette technologie pour les années à venir.

Cependant même si l'homme transmet son savoir faire à la machine, rien ne pourra remplacer l'expérience et la créativité d'une langue tout simplement humaine.

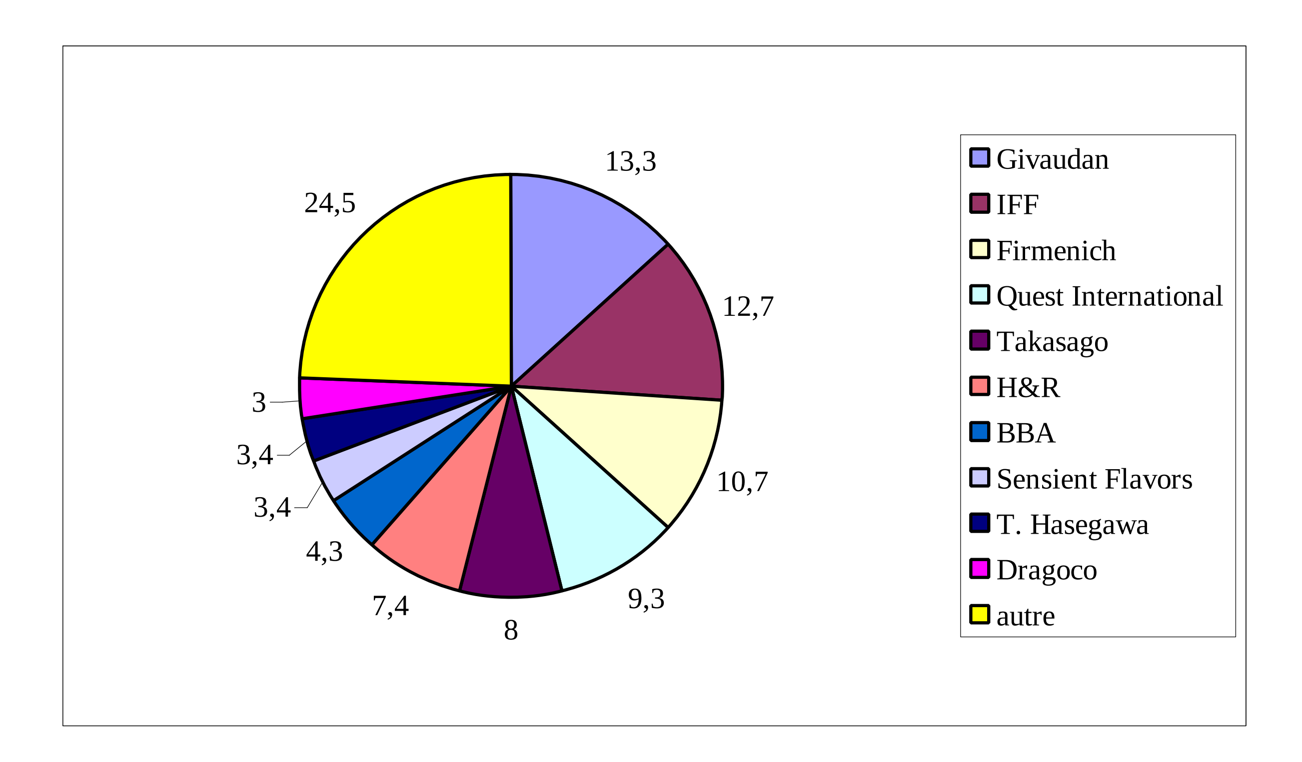
IV. STRATEGIES ET GROUPES LEADERS

1. Le marché des arômes

Les molécules aromatiques étant des molécules odorantes, leur usage n'est donc pas restreint au seul domaine agro-alimentaire : on peut par exemple utiliser une huile essentielle aussi bien pour donner du goût à un aliment que pour développer un parfum. De ce fait, il n'existe pas de marché des arômes à proprement parlé et celui-ci fait en réalité partie du marché plus global des arômes et fragrances (Flavors and Frangrances Market : F&F market). Les estimations de ce marché sont très variables et oscillent entre 8,7 milliards de dollars (Md$) selon Givaudan et 14,1 Md$ selon Freedonia Group. Quoiqu'il en soit, les industries agro-alimentaires sont devenues un marché considérable pour les entreprises aromatiques, traditionnellement tournées vers les parfums et les cosmétiques. Aussi, on constate qu'à présent la part des arômes représente près de 50% des ventes sur ce marché et les producteurs d'arômes développent de plus en plus de créativité pour s'accaparer ce marché juteux. Enfin, les principaux débouchés de la vente d'arômes sont le secteur des boisson à 31%, les produits salés (23%) et es produits laitiers (14%).

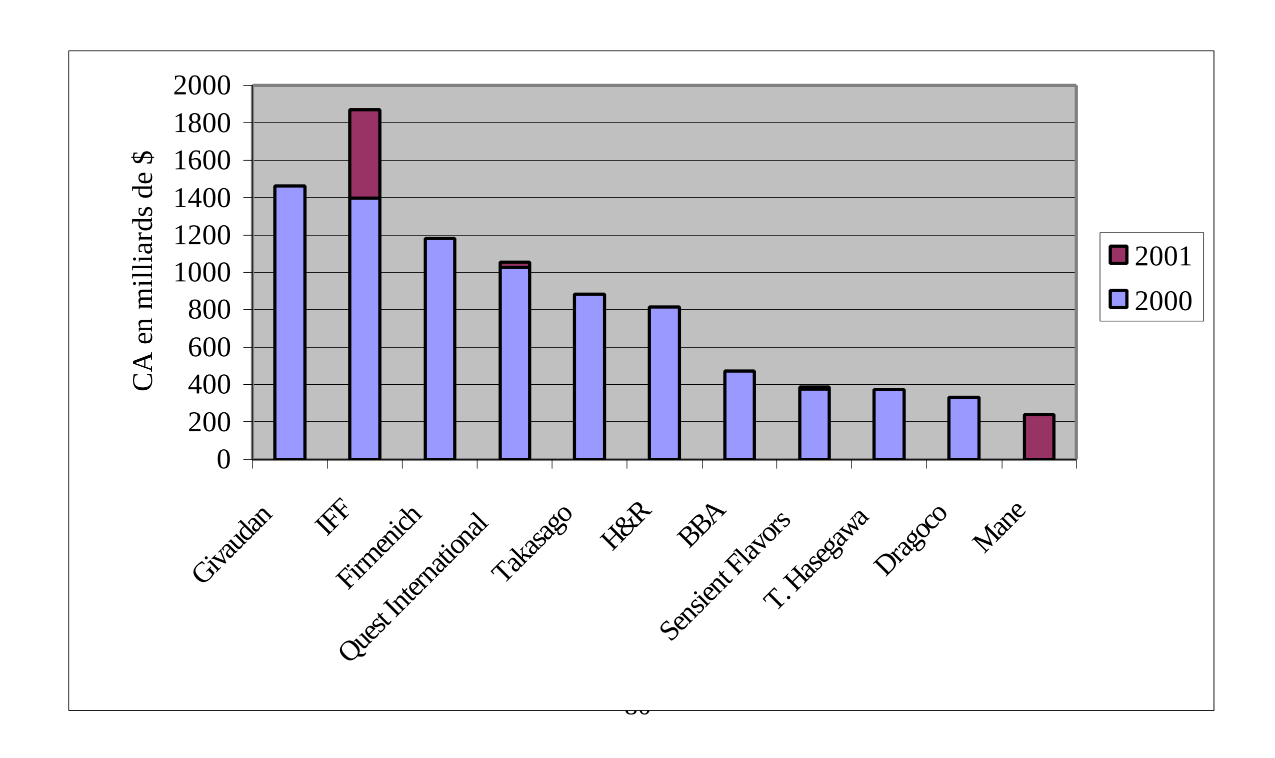
Parmi les pays producteurs d'arômes et de parfums, les Etats-Unis viennent en tête avec 25% de la production mondiale, devant le Japon (10%), l'Allemagne (8%), la France (8%), la Grande Bretagne (7%), et l'Italie (5%). Comme dans beaucoup d'autres domaines, 20% des acteurs de ce marché couvrent près de 80% des parts de marché comme l'indiquent les graphiques suivants (cf figure 12 et 13).

Figure 12 : Parts de marché des principaux acteurs du marché des arômes et fragrances en 2000



Cependant, ce paysage est d'ores et déjà chamboulé avec l'acquisition par IFF de BBA (novembre 2000) ce qui le propulse en tête du marché et permet à Mane d'entrer dans le top ten.

Figure 13 : CA des 10 leaders du marché (2000-2001)



2. Quelques stratégies

L'industrie aromatique est une industrie très concurrentielle qui se concentre toujours plus : dernièrement, IFF a acquis BBA et Givaudan a repris la division arômes de Nestlé (FIS). Les enjeux sont tels que pour parvenir à se différencier, les acteurs sont confrontés à la nécessité de rechercher une véritable valeur ajoutée. Mais les stratégies diffèrent selon les entreprises : certaines misent clairement sur les technologies et la recherche, d'autres sur le marketing quand d'autres encore se campent sur des niches bien maîtrisées où la concurrence est moins vive mais où ils peuvent apporter un vrai plus.

a. Miser sur les produits

Givaudan Roure

Afin de mettre à disposition des arômes nouveaux, il faut pouvoir trouver de nouvelles molécules or la nature connue a déjà été très étudiée et il faut donc explorer de nouveaux terrains. C'est ce que réalise Givaudan via son programme Tastetrek, qui se propose d'aller à la rencontre de la canopée. Ce genre de programme nécessite d'importants investissements mais stimule la créativité tant au niveau chimique (découverte de cinq spécimen de plantes complètement inconnus jusqu'à lors) que technologique, le climat local ne permettant pas une bonne conservation des échantillons prélevés, il a fallu développer des moyens d'analyse rapides et perfectionnés. Toutes ses découvertes permettent certes à Givaudan de créer de nouvelles saveurs tout à fait originales mais aussi de parfaire celles déjà existantes avec des nuances subtiles permettant une meilleure adaptation au produit alimentaire visé.

Firmenich

Cette entreprise, elle, mise beaucoup sur la Recherche et Développement. Elle y consacre près de 8% de son chiffre d'affaires dont la principale partie (320 millions de francs suisses) a concerné cette année (2001) la création d'un centre R et D spécialement dédié aux arômes à Genève : le

Food and Flavors Expertise Center de Firmenich. Ce centre est constitué de 160 chercheurs sur 8 600m2 équipés de 7 systèmes indépendants d'aspiration pour éviter toute contamination par des odeurs parasites. Les recherches s'orientent autour de trois segments : les boissons, les produits salés et les produis sucrés mais aussi vers la pharmacie et chaque aromaticien tourne sur ces trois activités de sorte à stimuler leur créativité.

En outre, alors que Firmenich doit sa renommée à ses arômes de synthèses et nature-identique, l'entreprise réaxe sa production vers les arômes naturels pour ne pas rester en reste face à la demande croissante de ces produits.

b. Jouer sur le marketing

Robertet

Tout le monde n'a pas les moyens des leaders pour se développer. En revanche, Robertet a des idées en aidant les autres et à en avoir. En effet, la société a créé TasteImage, un instrument que l'on pourrait qualifier d'accélérateur de concepts produits. Cet outil, destiné autant aux équipes de R et D et de marketing, permet d'analyser les tendances prospectives de différents univers, de dégager les imaginaires de l'environnement du client, de travailler des concepts autour de ces imaginaires et de les interpréter en terme d'ingrédients (goût, odeur, texture, couleur). Ainsi, pour chaque demande plus ou moins floue, TasteImage permet en moins d'un mois de fournir au moins 4 ou 5 concepts innovants.

Silesia

Pour se démarquer de ses concurrents, Silesia propose ses arômes placés in situ : grâce à leurs laboratoires d'application, ils sont capables de mettre en scène tous les arômes qu'ils développent présentant ainsi régulièrement des produis finis pour vendre leurs arômes tout en proposant des supports de recettes. C'est un véritable partenariat qu'instaure l'entreprise avec ses clients et Silesia organise par exemple des sessions de formation à l'analyse sensorielle, fournit des informations sur la réglementation des ingrédients dans le monde entier et a même mis en place une « hotline ».

Car Silesia l'a bien compris « les industriels de l'aromatique ne seront plus seulement des fabricants d'arômes mais devront être des supports du développement des industries alimentaires. »

CONCLUSION

Le monde des arômes est très vaste que ce soit en aval ou en amont de la filière. Dans ce projet, nous avons voulu vous montrer quelles étaient les différentes approches que pouvaient avoir les acteurs de cette filière. La transversalité de ce sujet nous a permis d'investiguer autour des principales étapes de la « vie » d'un arôme.

Tout d'abord, et parce que ce sont les consommateurs qui conditionnent les actions en amont de la filière, l'utilisation des arômes par les industriels est prépondérante. En effet, ces consommateurs préfèrent actuellement (même s'ils ne l'expriment pas) ne pas trouver d'arômes dans les produits alimentaires bien qu'ils soient conscients que leur ajout est nécessaire de nos jours. Point positif pour les utilisateurs (industriels), les consommateurs acceptent la présence d'arômes naturels.

Du point de vue utilisateurs, il existe deux grands types de contraintes : tout d'abord, répondre aux demandes des consommateurs par le biais d'une aromatisation parfois complexe, puis avoir une adéquation entre ces arômes et leur mise en œuvre dans les produits finis ou intermédiaires. Il est donc logique que ces industriels soient à leur tour exigeants envers les producteurs des dits arômes.

De leur côté, les producteurs utilisent des technologies de plus en plus élaborées afin d'agir sur la qualité, la facilité d'utilisation, le transport, les aspects fonctionnels et/ou bien évidemment sur la variété des arômes.

Tous ces acteurs de la filière arômes s'aident bien évidemment des technologies. Les principales innovations et perspectives reposent actuellement sur la création d'organes artificiels (nez, langue) permettant soit de reconnaître (des flaveurs, odeurs) sans être expert, soit de gagner du temps dans un soucis de réduction des coûts et des délais de création d'arômes.

BIBLIOGRAPHIE

Arnold J. (2000), *Un nez contre les contaminations,* Food Quality, sept/oct, n°46

Basset F. (2001), *Givaudan : prêt pour reprendre son leadership,* Arômes Ingrédients Additifs, n°33, p.20-21

Chavigny C. (2001), *Aromatisation des yaourt*, Arômes Ingrédients Additifs, n°32, p.24-27

Clavier P., Uhlemann J., Hannetel J.M. (2000), *Choisir l'arôme encapsulé idéal,* Process, n°1159, p31-34

Desor J.A., Maller O., Andrews K. (1975), *Ingestive responses of human newborns to sally, sour and bitter stimuli*, J. Comp. Phys. Psychol., n°89 (8), 976-980

Durand C. (1996), *Généralités sur la perméabilité aux arômes*, Industries Agricoles & Alimentaires, n° d'avril, p.211-215

Fabre C., Goma G. (1999), *Production et extraction de substances organoleptiques sensorielles issues des biotechnologies*, Industries Alimentaires & Agricoles, n°116, p.24-36

Fischler C. (2001), *L'Homnivore,* Odile Jacob

Garb J.L., Stunkard A.J. (1974), *Taste aversion in man*, American Journal of Psychiatry, n°131, p.1204-1207

Guerin V. L*'électronique des sens*, Process, n°1160, p.36-37

Gullino A., *Odeurs et saveurs*

Hannetel J. M. (2001), *Les différentes formes d'arômes,* Mane, Formation ISIPCA.

Haxaire L. (2001), *Technologie d'extraction par* CO_2 *supercritique. Des extraits d'avant-garde à mieux connaître*, Process, n°1174, p.35-37.

Haxaire L. (2001), *Mane, la croissance tranquille*, Process, n°1168, p.38

Jaubert J.N., Que sais-je ? *Les arômes alimentaires,* n°2104

Krishnakumar V. (2000), *Les saveurs salées divisent Orient et Occident*, Process, n°1159, 40-41

Lafosse L. (2000), *Un goûteur électronique*, La tribune, édition 20/12/2000

Langley – Danysz P. (2001), *DCF récupère les arômes,* RIA, n°617

Langley – Danysz P. (2001), *Des avancées dans l'extraction des arômes naturelles*, RIA, n°617, 80-81.

Lazard L. (1992), *Une nouvelle catégorie d'agents émulsifiants, stabilisants et d'agents d'encapsulation*, Bios, vol 23, n°4,p35-38

Lefrançois C. (mai 1995), *Les Arômes au pays du naturel*, Biofutur.

Loison M. (2000), *De nouveaux horizons pour les boissons fonctionnelles*, Process, n°1160, p.31-32

Marlier L., Schaal B. (1997), *Familiarité et discrimination olfactive chez le nouveau-né : influence différentielle du mode d'alimentation ?*, Enfance, n°1, p.47-61

Millet P. (2001), *Silesia mise sur les services*, Arômes Ingrédients Additifs, n°36, p.32

Multon J. L., (1992), *Additifs et auxiliaires de fabrications dans les industries agro-alimenatires*, Tec & Doc – Lavoisier, p.272-293

Multon J. L., Richard H. (1992), *Les arômes alimentaires*, Tec & Doc – Lavoisier, coll. sciences et techniques agroalimentaires

Philippe E., Voilley A. (2001), *Aromatisation des aliments, approches sensorielles et physico-chimiques*, Industries Alimentaires & Agricoles, n° d'avril, p.11-17

Renard A.C. (2002), *Les arômes sucrés*, RLF, n°618, p.23-28

Richard S. (1998), *Givaudan-Roure veut être la référence*, RIA, n°586, p.77

Richard S. (2001), *Givaudan invente l'outil de création aromatique*, RIA, n°616, p.67

Rozin E., Rozin P. (1981), *Culinary themes and variations*, Natural History, n°90, p.6-14

Rozin P., Vollmecke T.A., (1986), *Food likes and dislikes*, Ann. Rev. Nutr., n°6, p.453-456

Schaal B. (1997), *L'odorat chez l'enfant : perspectives croisées*, Presse Universitaire de France

Teerling A., Köster E.P., Van Nispen V. (1994), *Early childhood preferences and future*, Blois, Communication au Congrès de l'European Chemoreception Research Organization

Toursel P. (1999), *Incorporation d'arômes dans les boissons : un cocktail de solutions*, Process, n°1149, p.36-37

Toursel P. (1999), *Aromatisation des thés et des tisanes*, Process, n°113, p.44-46

Toursel P. (2000), *La créativité au cœur des arômes,* Process, n°1159, p.36-37

Zini M. (1997), *Nez électronique, vers des applications concrètes,* RIA, n°568, 62-6

Anonyme, (2001), *L'USDA valide le nez électronique d'Alpha Mos*, Arôme Ingrédients Additifs, n°32, p.13

Anonyme, (2001), *Ingrédients aromatiques,* Arômes Ingrédients Additifs, n°36, p.74-80

Anonyme, (2001), *L'exception Firmenich,* Arômes Ingrédients Additifs, n°37, p.10

Anonyme, (2001), *Alpha Mos a du nez*, Arôme Ingrédients Additifs, n°37, p.15

Anonyme, (2002), *Le premier synthétiseur virtuel d'arômes*, RLF n°618, p.27

Anonyme, (2001), *Les eaux aromatisées lorgnent du côté des soft drinks,* LSA n°1732

« Blue Book » - 3ème édition du conseil de l'Europe

« Blue Book » - 4ème édition du conseil de l'Europe

« Red Book » - Code des Bons usages de l'IOFI

Directive du Conseil 88/388/CEE – JOCE 15/07/88 – pp. L 184/61 et suivantes

Règlement 223296 du 2810/96 – JOCE 23/11/96 L 229

CRÉDOC, 2001, « Enquête sur les tendances de la consommation » –

Internet

www.acta.asso.fr

www.adrianor.com

www.alpha_mos.com

www.altema.com :

www.archimex.com

www.calchauvet.com

www.cbb-developpement.com

www.cyberpresse.com

www.degussa.com

www.dragoco.com

www.educ21.com

www.emarketing.fr

www.entreprises-midi-pyrénées.tm.fr

www.ensia.inra.fr

www.eufic.org

www.flavors.fruit.systems.com

www.fontarome.com

www.gazettelabo.tm.fr

www.givaudan.com

www.haarmann-reimer.com

www.hypermarketplace.com

www.iff.com

www.ift.org

www.leffingwell.com

www.mane.com

www.oeno.tm.fr/extraits

www.opi.ch

www.questintl.com

www.robertet.fr

www.rayon-boissons.com

www.resis.com

www.sensient-tech.com

www.sniaa.fr

www.technicoflor.com

ANNEXES

ANNEXE 1 : Questionnaire consommateur

ANNEXE 2 : Analyse SPSS du questionnaire consommateur

ANNEXE 3 : Directive 88/388/CEE L184/61 et pages suivantes

ANNEXE 4 : Questionnaire producteur

ANNEXE 5 : Listing des contacts établis

ANNEXE 6 : Plannings

QUESTIONNAIRE

Nous vous remercions de bien vouloir répondre à ces quelques questions :

1) Le goût des aliments est essentiel pour l'alimentation :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

2) Un des rôles des arômes est d'ouvrir l'appétit :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

3) Je suis attiré(e) par les aliments ayant du goût :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

4) Pour moi, un produit alimentaire doit être aromatisé :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

5) Quand j'achète un produit alimentaire, je vérifie la présence d'arômes :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

6) Je rejette systématiquement les produits contenant des arômes de synthèse :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

7) Je rejette systématiquement les produits contenant des arômes naturels :

Pas du tout d'accord	**Pas d'accord**	Ni d'accord Ni pas d'accord	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**

8) Selon vous, les arômes :

- existent naturellement dans les fruits et légumes OUI NON

- ne sont pas dangereux pour la santé OUI NON

- apportent du goût OUI NON

- doivent être présents dans l'alimentation OUI NON

9) Votre sexe : F M

10) Votre âge : ……………………………….

11) Votre situation professionnelle :

Agriculteur exploitant

Artisan, commerçant, chef d'entreprise

Cadres et professions intellectuelles supérieures

Professions intermédiaires (fonction publique, technicien, contremaître, agent de maîtrise)

Employé

Ouvrier

Retraité

Etudiant

Sans activité

Autre

Nous vous remercions d’avoir répondu à ce questionnaire.

Questionnaire producteur

Question 1 : Pour vous, que représente le terme « arôme » ?

………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………..

Question 2 : Quels sont les facteurs influençant la fabrication d'un arôme ?

………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………..
………………………………………………………………………………………...

Question 3 : Quelle(s) méthode(s) de fabrication utilisez-vous le plus régulièrement ? Pour quelle(s) raison(s) ?

………………………………………………………………………………………...
……………………………………………………………………………………….
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...

Question 4 : Quel(s) inconvénient(s) majeur(s) peut(peuvent) présenter ces méthodes ?

………………………………………………………………………………………..
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...

Question 5 : Quel(s) type(s) de conditionnement(s) proposez-vous et pour quel(s) arôme(s) ?

………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………..

Question 6 : En terme d'innovation, quelles méthodes de fabrication vous semblent les plus prometteuses ? Sans les citer, êtes-vous sur d'autres projets ?

………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………..
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...
………………………………………………………………………………………...

SOCIETES CONTACTEES		
FABRICANTS	AROMEX	CORBIE (80)
	BIOFLORE	IXELLES (Belgique)
	COPIAA	BREBIERES (62)
	EPICEA SA	CUINCY (59)
	EUROVANILLE	GOUY SAINT ANDRE (62)
	FIRMENICH NV	MAASMECHELEN (Belgique)
	FRUT AROME EUROPE	VILLENEUVE D'ASCQ (59)
	GIVAUDAN	BRASSCHAAT (Belgique)
	LEROUX SA	ORCHIES (59)
	Les Produits Français Evolution SA	CAMBRAI (59)
	LESAFFRE	MARCQ EN BAROEUL (59)
	METAYER AROMATIQUES	HELLEMMES (59)
	NIGAY SA	LA LOIRE
	Perlarom	(Belgique)
	SEAH INTERNATIONAL	BOULOGNE SUR MER (62)
	SENSIENT FLAVORS	HEVERLEE (Leuven) (Belgique)
	TASTE & DEVELOPMENT SA	WAUTHIER BRAINE (Belgique)
	WILD INTERNATIONAL	EVERE (Belgique)
UTILISATEURS	ADRIEN SA (conserves)	QUESNOY sur DEULE
	APPETI MARINE	DUNKERQUE (59)
	BENEDICTA	SECLIN (59)
	BETISES DE CAMBRAI	CAMBRAI (59)
	BISCUITERIE WANDER	COMINES
	BLEDINA	STEENWORDE (59)
	BONDUELLE	RENESCURE (59)
	BONDUELLE	VILLENEUVE D'ASCQ (59)
	Boulangerie Paul	LA MADELEINE (59)
	BRASSERIE D'ANNOEULLIN	ANNOEULLIN (59)
	BRASSERIE DUYCK HOLDING	JENLAIN (59)
	BRASSERIE JEANNE D'ARC	RONCHIN (59)
	BRASSERIE LA CHOULETTE	HORDAIN (59)
	BRASSERIE SAINT SYLVESTRE	ST SYLVESTRE CAPPEL (59)
	BRASSERIE TERKEN	ROUBAIX (59)
	BRASSERIE THEILLIER	BAVAY (59)
	CADBURY France	VILLENEUVE D'ASCQ (59)
	CANDIA	AWOINGT (59)
	CAULLET G. (nappages pâtissiers, fondants, pâtes d'amandes)	ARMENTIERES (59)
	CHOCMOD	RONCQ (59)
	CHOKY	LILLE (59)
	COCA COLA BEVERAGES	AVELIN (59)
	CPI (pain et pâtisseries)	GRANDE SYNTHE
	DAGNIAUX SA	ROUBAIX (59)
	DANONE	BAILLEUL (59)
	DELACRE France	NIEPPE (59)
	DELISTAR ALIM NORD (plats cuisinés, pizzas)	SECLIN (59)
	DUL France (potages, sauces déshydratées)	ROUBAIX (59)
	HAAGEN DAZS Arras	TILLOY les MOFFLAINES (62)

SOCIETES CONTACTEES

UTILISATEURS	INTERBREW France	ARMENTIERES (59)
	JEAN CABY SA	ST ANDRE
	JEAN STALAVEN	DUNKERQUE (59)
	JOKER	FACHES THUMESNIL (59)
	KAREA (plats cuisinés surgelés)	CARVIN (62)
	LA PIE QUI CHANTE	MARCQ EN BAROEUL (59)
	LA PIE QUI CHANTE	WATTIGNIES (59)
	LACTEL LONGUE CONSERVATION	HAZEBROUCK (59)
	LAMY LUTTI	BONDUES (59)
	LEGRAND J.	LOISON sous LENS (62)
	LES BRASSEURS DE GAYANT	DOUAI (59)
	MAC CAIN ALIMENTAIRE	BONDUES (59)
	MEO SA	LILLE (59)
	MIKO	SECLIN (59)
	MOY PARK France (plats à base de viande)	HENIN BEAUMONT (62)
	NESTLE PRODUITS FRAIS	CUINCY (59)
	PAMPRYL	MARCQ EN BAROEUL (59)
	PASQUIER	ROUVIGNIES (59)
	PATISSIERS de Lille & de la Région SA	WASQUEHAL (59)
	SOUP'IDEAL	ARRAS (62)
	VERQUIN CONFISEUR	TOURCOING (59)
AUTRES	ADRIANOR	ARRAS (62)
	Arômes, additifs et ingrédients	
	Bios Boissons	
	CERTIA-Interface	
	CITIA	CAMBRAI (59)
	CTDIC	HELLEMMES (59)
	Grpt des ent de boissons	Marcq en Baroeul
	IAA	
	Journal des professionnels	
	Linéaires	
	LSA	
	PIA (pôle des industries agroA)	Marcq en baroeul (59)
	Process	
	Rayons Boissons	
	RIA	
	SNIAA	Paris
	Syndicat de Lille des Boulangers	LILLE (59)
	Syndicat départemental patissier, confiseur, glacier, traiteur	Croix(59)
	Syndicat du Nord Boulanger, patissier	Croix(59)
	Syndicat national de la chicoree	Orchies(59)
	syndicat régional des glaciers	Bouvignies(59)
	Syndicats des laitiers(UNORPIL)	Caen
	Usine nouvelle	
UNIVERSITAIRES CONTACTES		
UNIVERSITES	Jacques VASSEUR (resp labo)	
	Bruno CABANE	ex Rhône Poulenc
	Hein Stam	
	Fredric KRZEWINSKI (Dptt des Sciences des Aliments)	
	BOUNIE (Maitre de Conf. - Sciences des Ingénieurs)	
	Bruno DELBREIL (Sciences biologiques)	
	Pascal PROD'HOMME (Sciences biologiques)	
	Pascal TOUZET	
	Philippe EB (Microbiologie)	
	Marianne CATTE (Maitre de Conf. - Dptt Sciences des Ingénieurs)	
	Pierre LABARBE	ex RQ DANONE
	Philippe MERCQ	intervenant Marketing
	Mme BERTOUX	
	M. BOUQUELET	
	Mme VAN HECKE	
	Fouad OUAZANI (Chimie organique et contrôle de qualité)	Fès (MAROC) et Université de Tours

Planning prévu

	OCTOBRE					NOVEMBRE				DECEMBRE				JANVIER					FEVRIER				MARS			
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Organisation du groupe																										
Recherche documentaire																										
Listing Entreprise																										
Contact entreprise																										
Réunion B.W.																										
Réunion J.C.L.																										
Réunion C.A.																										
Recherche problèmatique																										
Recherche par partie																										
Rédaction questionnaire																										
Récolte et traitement																										
Rédaction par partie																										
Mise en commun																										
Rédaction générale																										
Présentation																										

Planning réalisé

	OCTOBRE					NOVEMBRE				DECEMBRE				JANVIER					FEVRIER				MARS			
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Organisation du groupe																										
Recherche documentaire																										
Listing Entreprise																										
Contact entreprise																										
Réunion B.W.																										
Réunion J.C.L.																										
Réunion C.A.																										
Recherche problèmatique																										
Recherche par partie																										
Rédaction questionnaire																										
Récolte et traitement																										
Rédaction par partie																										
Mise en commun																										
Rédaction générale																										
Présentation																										